

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Juha Kananen

BACnet-protokollan käyttö rakennusautomaatiossa

Insinööritö 6.5.2010

Ohjaaja: tekninen johtaja Jarkko Turunen
Ohjaava opettaja: lehtori Jari Olli

Tekijä	Juha Kananen
Otsikko	BACnet-protokollan käyttö rakennusautomaatiossa
Sivumäärä	49 sivua
Aika	6.5.2010
Koulutusohjelma	automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja	tekninen johtaja Jarkko Turunen
Ohjaava opettaja	lehtori Jari Olli
<p>Insinööri­työn tavoitteena oli tutustua BACnet-kenttäväyläprotokollaan ja testata sen toimintaa käytännössä Arealtec Oy:n käyttämien Trend-alakeskusten kanssa. Tarkoituksena oli perehtyä protokollaan toimintaan ja valita muutamia laitteita testattaviksi. Laitteiden oli tarkoitus olla sellaisia, joita yritys voisi mahdollisesti jatkossakin käyttää. Työn ohessa oli määrää arvioida, toisiko BACnet-protokollan käyttöön siirtyminen yrityksen toiminnalle jotain lisäarvoa.</p> <p>Työn alkuosassa perehdyttiin protokollan toimintaan ja selvitettiin, mihin asioihin laitevalinnoissa kannattaa kiinnittää huomiota. Tämän jälkeen kartoitettiin potentiaalisia laitevaihtoehtoja, joita oli tarkoitus hankkia testattavaksi. Lisäksi ohjaajan kanssa laadittiin testauspöytäkirja, johon määriteltiin testeissä selvitettävät asiat. Tätä pöytäkirjaa käytettiin apuna laitevalinnoissa. Kartoitettavat laiteryhmät olivat taajuusmuuttajat, huonesäätimet ja I/O-moduulit, joista varsinaisiksi laitteiksi valikoituivat Vacon 100 -sarjan ja Danfoss VLT -sarjan taajuusmuuttajat sekä Deos Cora -huonesäädin. Näiden lisäksi testeissä käytettiin MBS Universal BACnet router -reititintä.</p> <p>Testien aikana laitteista selvitettiin testauspöytäkirjassa määritellyt asiakokonaisuudet, sekä arvioitiin eroja yrityksen nykyään käyttämiin kenttäväylätekniikoihin. Lisäksi työssä tutkittiin tarkemmin myös muita keskeisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi alakeskukselle toteutettiin testiohjelma, joka haki laitteilta tietoja.</p> <p>Testeissä saatiin kokemusta BACnet-laitteiden käyttöönotosta. Erityisen kiinnostavaa oli tieto siitä, mihin ko. järjestelmiä suunniteltaessa kannattaa kiinnittää huomiota. Samalla havaittiin että Trendin oma alakeskus ei tue tiettyjä avainominaisuuksia, joista protokollassa olisi eniten hyötyä.</p> <p>Yrityksen kannalta protokollan laajamittaiseen käyttöönottoon ei ole perustetta, koska se ei tuo juurikaan lisäarvoa verrattuna nykyisiin tekniikoihin. Jos alakeskuksen edellä mainittuihin ominaisuuksiin saadaan päivityksiä, on asia syytä arvioida uudelleen.</p>	
Hakusanat	BACnet, kenttäväylä, rakennusautomaatio, protokolla

Author Title	Juha Kananen Using BACnet in building automation
Number of Pages Date	49 6 May 2010
Degree Programme	Automation Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Jarkko Turunen, Technical director Jari Olli, Lecturer
<p>The aim of this thesis was to get familiar with a data communication protocol called BACnet, and to test it in practice with Trend-controllers used by Arealtec Oy. The aim was to get more knowledge of the protocol, and to select a few devices for testing purposes. The devices were to be selected so that the company could use them in the future. Another purpose for this thesis was to evaluate if the use of the protocol would bring any added value for the company's operations.</p> <p>First, the protocol functions and the factors that were to be considered when ordering the devices were studied. Next, the potential devices to be purchased were searched and selected. At the beginning of the project, a list of matters to be tested was made with the instructor. This list was used to guide the selections. The device categories where the devices were selected were frequency converters, room controllers and I/O-modules. Finally, for various reasons, the selected devices were a Vacon 100 series frequency converter, a Danfoss VLT series frequency converter and a Deos Cora room controller. In addition to these, an MBS Universal BACnet router was used in the project.</p> <p>During the tests, the matters listed at the beginning of the project were examined, and the differences between BACnet and the fieldbus technologies that the company used during this project were determined. The properties of the devices were explored, and a test program that collected information for the controller was made.</p> <p>During the test period, valuable knowledge of the protocol usage was achieved. Also the factors that were to be considered when planning BACnet-systems were revealed. A significant observation about a property of the Trend controller was also made. The key properties that would positively separate BACnet from other fieldbus protocols, were not supported by Trend as originally assumed. Currently, wider deployment of the protocol is not recommended for the company since it would not bring any added value in comparison to other fieldbuses. If the manufacturer provides an update to the key properties of BACnet, the case should be re-evaluated.</p>	
Keywords	BACnet, fieldbus, building automation, protocol

Sisällys

Sisällys	7
Lyhenteet ja käsitteet	8
1 Johdanto	7
2 Protokollan määritelmä	7
2.1 Historia ja kehitys	7
2.2 Arkkitehtuuri	8
2.2.1 OSI-malli	8
2.2.2 Supistettuun OSI-malliin perustuva BACnet-protokolla	10
2.2.3 Verkkotopologia	13
2.3 OSI-mallin mukaisen sovelluskerroksen toiminta	14
2.4 OSI-mallin mukaisen verkkokerroksen toiminta	15
2.5 OSI-mallin mukaisen datayhteyskerroksen ja fyysisen kerroksen toiminta	15
2.6 Protokollan toimintojen toteuttaminen laitteisiin	17
3 Käytännön toiminta	17
3.1 Objektit ja niiden ominaisuudet	17
3.2 Objektien palvelut	19
4 Laitetestit	22
4.1 Vacon taajuusmuuttaja ja BACnet/IP	24
4.2 Vacon taajuusmuuttaja ja BACnet MS/TP	27
4.3 Deos CORA -huonesäädin ja BACnet MS/TP	30
4.4 Danfoss VLT -sarjan taajuusmuuttaja ja BACnet MS/TP	33
5 Yhteenveto	36
Lähteet	39
Liite 1: Testauspöytäkirja	41
Liite 2: Testiohjelman lohkokaavio	42
Liite 3: Trend IQ3/BAC PICS -dokumentti	43
Liite 4: Kaaviokuva testiympäristöstä	49

Lyhenteet ja käsitteet

BACnet	Building automation and control networks. Tiedonsiirtoprotokolla RAU-järjestelmiin.
BTL	BACnet test laboratories. BACnet International -järjestön testilaboratorio, joka päättää BACnet-laitteiden hyväksynnöistä.
MAC	Media access control. Laitteen verkossa yksilöivä osoite. BACnetin tapauksessa laitteen fyysinen osoite verkossa.
MS/TP	Master-Slave/Token Passing.
Multipleksaus	Prosessi, jossa yksittäisiä digitaali- tai analogitietoja yhdistetään yhtenäiseksi signaaliksi lähetettäessä niitä fyysistä yhteyttä pitkin.
Enkoodaus	Prosessi, jossa tieto muunnetaan toiseen muotoon.
Dekoodaus	Vastakohta enkoodaukselle. Tieto muunnetaan takaisin alkuperäiseen muotoonsa.
Boolean	Muuttuja, joka saa arvon tosi tai epätosi.
COV	Change Of Value. Ominaisuus, jonka avulla lähetetään tietyn suuruisesta muutoksesta tieto joko väylälle globaalina tai suoraan jollekin laitteelle.
Object	Objekti. Protokollassa verkolle esitettävä data on rakenteeltaan sellaista, että tiedot esitetään objekteina, joilla on erilaisia ominaisuuksia.
Service	Palvelu. Palveluilla voidaan käsitellä objektien ominaisuuksia, esim. lukea tai kirjoittaa niitä.
Instance number	Instanssinumero. Eräänlainen tunnistenumero BACnet-verkoissa, joilla samannimiset laitteet voidaan erotella keskenään.
IQ3	Trend Control Systemsin alakeskusyksikkö.
SET	System Engineering Tool. Trendin alakeskusten ohjelmointityökalu.

963

Trend Control Systemsin valvomo-ohjelmisto.

DHCP

Dynamic Host Control Process. Toiminto, jonka avulla IP-osoite laitteelle määrittyy suoraan verkosta.

Pollaus

Tapahtuma, jossa esim. jonkin I/O-pisteen tieto haetaan tietyllä intervallilla.

1 Johdanto

Työ tehtiin Arealtec Oy:lle, joka on pääasiassa Uudenmaan alueella toimiva rakennusautomaatiourakoitsija. Yritys urakoi Trend-laitevalmistajan toimittamilla laitteilla ja toimii ko. valmistajan yhteistyökumppanina Suomessa. Trendin valmistamat laitteet käsittävät laajan valikoiman rakennus- ja kiinteistöautomaation tarpeisiin soveltuvia kokonaisuuksia, aina ohjelmistoista ja alakeskuslaitteista huonesäätimiin sekä kenttälaitteisiin.

Työn tarkoituksena oli tutustua BACnet-tiedonsiirtoprotokollaan, jota käytetään rakennusautomaation kenttäväylätekniikassa. Samalla tutkittiin ko. protokollan käytettävyyden tasoa yrityksen käyttämien Trend-laitteistojen kanssa sekä sitä, toisiko BACnet-protokollan käyttöön siirtyminen jotain lisäarvoa yrityksen nykyisiin toimintatapoihin. Arealtec Oy käyttää tällä hetkellä pääasiassa muita Trend-laitteiden tukemia kenttäväyliä, joita ovat mm. LON ja Modbus. Vaikka protokollan ei havaittaisikaan tuovan merkittävää lisäarvoa yrityksen toimintatapoihin, saadaan sen käytöstä tämän työn myötä lisää kokemusta. Tästä voi olla yritykselle hyötyä myöhemmässä vaiheessa.

Tavoitteena oli valikoida testiin laitteita laiteryhmistä, joita yritys voisi hyödyntää. Laiteryhmät, joista testattavat laitteet valikoitiin, olivat taajuusmuuttajat, huonesäätimet, ja I/O-moduulit. Laitevalinnat tehtiin siten, että yritys voi tarvittaessa käyttää niitä toteuttamissaan projekteissa.

2 Protokollan määritelmä

2.1 Historia ja kehitys

BACnet on lähinnä rakennus- ja kiinteistöautomaatiossa käytetty protokolla, jonka avulla kontrolloidaan tiedonsiirtoprosessia. Se mahdollistaa eri laitteiden keskinäisen kommunikoinnin riippumatta laitevalmistajasta, laitetypistä tai prosessista, johon

laitteet liittyvät. Laitteiden väliseen tiedonsiirtoon riittää, että kytkettävät laitteet tukevat BACnet-protokollaa.

BACnetin kehittäminen alkoi vuonna 1987 Nashvillessä. ANSI-standardiksi BACnet määriteltiin vuonna 1995 ja ISO-standardiksi vuonna 2003. Nykyisin BACnet on levinnyt laajalti ympäri maailmaa.

BACnet saavutti varsin suurta suosiota rakennusautomaatioteollisuudessa, jota BACnetin suuren kasvun aikaan dominoi Siemens. Vuonna 1996 pienempi yritys, Alerton, julkaisi kokonaisen tuotesarjan BACnet-yhteensopivista tuotteista aina operaattoripäätteistä toimilaitteisiin. Samoin toimivat myöhemmin myös Automated Logic Corporation sekä Delta Controls. [1; 2.]

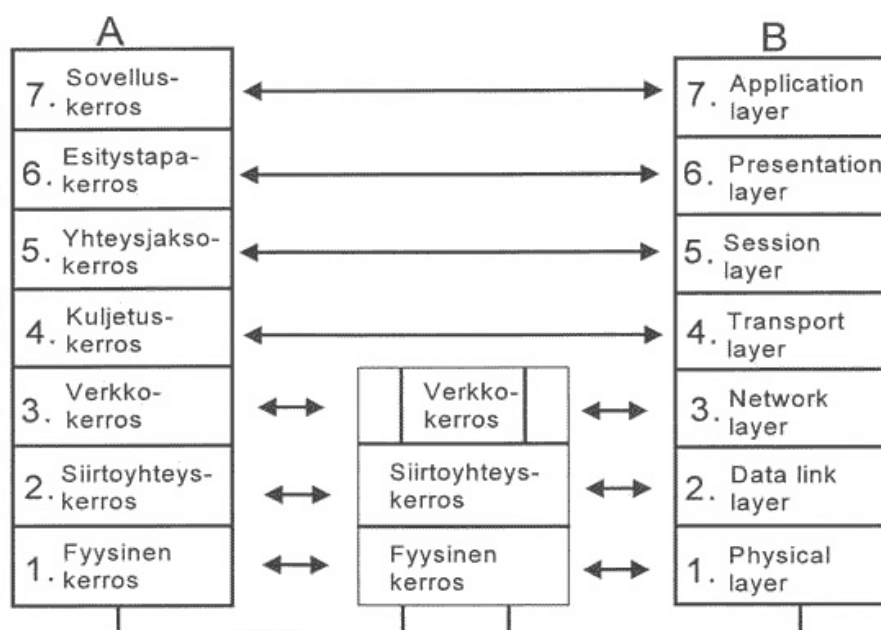
BACnetin kehittämisestä vastaa ASHRAE SSPC 135 -komitea. Se koostuu pitkälti samoista jäsenistä, jotka ovat olleet alusta lähtien mukana kehittämässä BACnetiä. Komitea pitää sisällään useita työryhmiä, jotka omilla tahoillaan kehittävät eri osa-alueita protokollasta. [11; 12.]

Protokollan valvonnasta ja siihen liittyvistä asioista vastaa BACnet International -järjestö. Järjestö päättää mm. tuotteiden BTL-hyväksynnöistä. Tämä on järjestön myöntämä hyväksyntä, joka takaa tuotteen BACnet-yhteensopivuuden tietyllä tasolla. [11.]

2.2 Arkkitehtuuri

2.2.1 OSI-malli

OSI-malli on viitemalli, jonka avulla kuvataan tiedon siirtymistä paikasta A paikkaan B. Se kuvaa tietokoneiden välistä tiedonsiirtoa suhteellisen yleisestä näkökulmasta. Mallissa jokainen tiedonsiirron vaihe on eritelty omaksi kerrokseksi, joista jokaisella on oma tehtävänsä. Kerroksia mallissa on seitsemän ja niillä on oma hierarkiansa (kuva 1). Valtaosa tietoliikenteessä käytetyistä standardeista pohjautuu OSI-malliin.



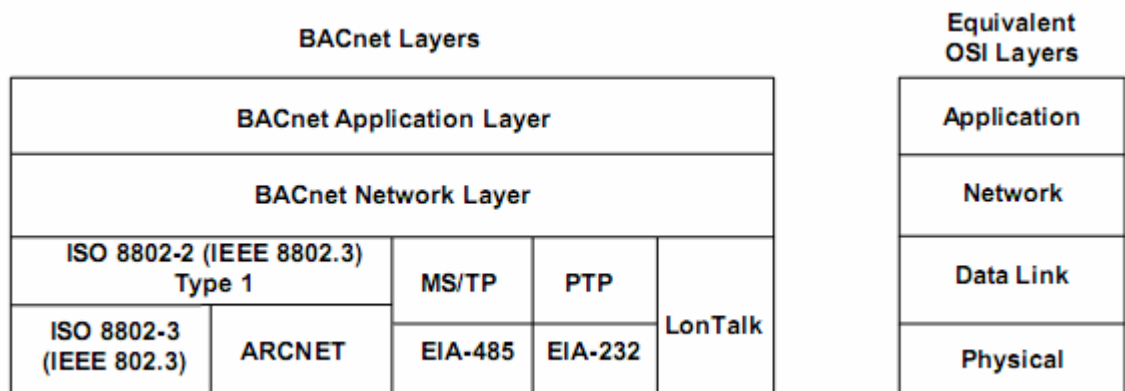
Kuva 1. OSI-mallin hierarkia. [3]

Jokainen kerros suorittaa oman, yksilöidyn tehtävänsä. Näin yksittäinen kerros tarjoaa tietoa ylemmille kerroksille ja on riippuvainen alemmista kerroksista. Tiedot siirtyvät eteenpäin kerrosten omassa rajapinnassa. Käyttäjän näkökulmasta tiedonsiirto tapahtuu naapurikerrosten kanssa, vaikka se on vain virtuaalista. Ainoa todellinen yhteys on muodostettu fyysisessä kerroksessa.

Vastaavan mallin kehittäminen RAU-protokollia varten veisi liikaa resursseja, ja siitä saatava hyöty olisi minimaalinen. On siis järkevämpää käyttää jo olemassa olevia malleja ja vain muokata niitä RAU-tarpeisiin sopiviksi. OSI-mallin käyttö on hyödyllistä myös RAU-protokollan näkökulmasta, koska siitä voidaan käyttää vain kerroksia, jotka todella ovat tiedonsiirrossa tarpeen. Käyttämällä karsittua versiota laajalti käytetystä mallista voidaan hyödyntää maailmalla laajasti käytettyjä fyysisiä siirtoratkaisuja. Kerrosten karsimisella saavutetaan myös se hyöty, että siirrettävät viestit ovat huomattavasti lyhyempiä. [4, s. 20-21.]

2.2.2 Supistettuun OSI-malliin perustuva BACnet-protokolla

BACnet käyttää OSI-mallista yksinkertaistettua arkkitehtuuria. Arkkitehtuurissa määritellään OSI-malliin liittyen vain ne kerrokset, joita edellytetään protokollan toimivuuden kannalta. Näitä kerroksia BACnetin tapauksessa ovat fyysinen kerros, siirtoyhteyskerros, verkkokerros sekä sovelluskerros (kuva 2). Kyseiset kerrokset mahdollistavat protokollan virheettömän toiminnan, pitäen kuitenkin siirtoviestit mahdollisimman lyhyinä. [4, s. 21-23.]



Kuva 2. BACnetin kutistettu versio OSI-mallista. [4, s. 21]

Fyysinen kerros ja siirtoyhteyskerros

Fyysistä kerrosta käytetään tiedonsiirtoon kahden eri laitteen välillä. Fyysisen kerroksen kohdalla BACnetille määritellään muutamia vaihtoehtoja. Näitä ovat ARCNET, Ethernet, PTP, LonTalk sekä MS/TP. Tässä työssä keskitytään kuitenkin vain Ethernet- ja MS/TP-ratkaisuihin. Siirtoyhteyskerros jaottelee siirrettävän tiedon kehyksiin tai paketteihin, osoitteistaa ne ja hoitaa mm. virheetarkistuksen. [4, s. 21-23.]

Verkkokerros

Verkkokerroksen tehtävänä on mm. muuttaa globaalit osoitteet paikallisiksi osoitteiksi, reitittää paketit verkosta toiseen sekä multipleksata siirtokehyksiä tai -paketteja. BACnetissä tiedonkululle on lähinnä vain yksi mahdollinen siirtotie laitteiden välillä,

joten reititykselle ei ole tarvetta verkkokerroksen puitteissa. Yksittäinen BACnet-verkko sijaitsee aina yhdessä paikallisessa verkossa. Tämän kaltaisessa yhden verkon ratkaisussa verkkokerroksen toiminnot ovat joko kokonaan tarpeettomia tai suorittavat samat tehtävät uudelleen kuten siirtoyhteyskerroksessa. Eräissä erikoistapauksissa tarvitaan kuitenkin joitain verkkokerroksen toimintoja. Kyseinen tilanne syntyy mm. silloin, kun kahden eri BACnet-verkon välillä siirretään tietoa. Tällöin MAC-osoitteistuksen tunnistusasetukset on oltava molemmissa verkoissa erilaiset, jotta verkoissa olevat samankaltaiset laitteet voidaan erotella sijaitseviksi eri verkoissa keskenään. Näin pystytään määrittelemään viestille globaali vastaanottaja paikallisen sijaan. BACnetin verkkokerros siis tarjoaa samankaltaisia toimintoja kuin OSI-mallin vastaava kerros, mutta huomattavasti rajoitetummin, vain siltä osin kuin em. tilanteen kaltaisissa tapauksissa vaaditaan. [4, s. 21-23.]

Kuljetuskerros

OSI-mallin kuljetuskerroksessa hoidetaan itse siirto kohteelta toiselle ja mm. virheentarkistuksessa ilmenneiden virheiden korjausta. Osa toiminnoista on hyvin samankaltaisia kuin siirtoyhteyskerroksessa, mutta ne hoitavat tehtävän eri mittakaavassa. Siinä, missä siirtoyhteyskerroksessa siirto hoidetaan point-to-point-tyyppisesti, on kuljetuskerroksessa tapahtuva siirto tyypiltään enemmän end-to-end. BACnetin tukiessa erityistapauksissa myös useamman verkon kokonaisuuksia pitää sen myös onnistua hoitamaan em. kaltainen end-to-end-tyyppinen siirtotapahtuma. BACnetissä ei ole varsinaista kuljetuskerrosta kuitenkaan määritelty. Samankaltainen tapahtuma on määritelty sovelluskerroksessa, jossa se on toteutettu kehyksen/paketin uudelleenlähetyksellä sekä timeout-tyyppisillä ratkaisuilla. Kehysten/pakettien kerrostaminen ja näiden peräkkäin lähetys on niin ikään toteutettu BACnetissä sovelluskerroksessa. Kerrostaminen on BACnetin kannalta tärkeä ominaisuus. Sillä varmistetaan, ettei tietoa häviä siirron aikana. BACnetin ominaisuuksista johtuen suurikin tietomäärä voi palata lähettäjälle, jos esim. jollain toisella meneillään olevalla tiedonsiirrolla on samalla hetkellä suurempi prioriteetti. [4, s. 21-23.]

Yhteysjaksokerros

Yhteysjaksokerros pitää yllä yhteyttä siirtojakson aikana. Se mm. luo yhteysjakson aikana etappeja, joihin voidaan palata ja jatkaa siirtoa, jos edempänä havaitaan virhe. BACnetissä tämän kaltaisia toimintoja ei juuri tarvita. Valtaosa BACnet-tiedonsiirrosta on hyvin lyhyttä, esim. jonkin arvon lukemista tai kirjoittamista. Yhteysjaksokerroksen tarjoamille toiminnoille olisi käyttöä ainoastaan ladatessa tietoa laitteelta tai lähettäessä sitä laitteelle. Kerroksen tuoma lisäkuorma protokollalle on tässä tapauksessa katsottu olevan liian suuri suhteessa siitä saatavaan hyötyyn nähden, eikä sitä siis siksi BACnetissä käytetä. [4, s. 21-23.]

Esitystapakerros

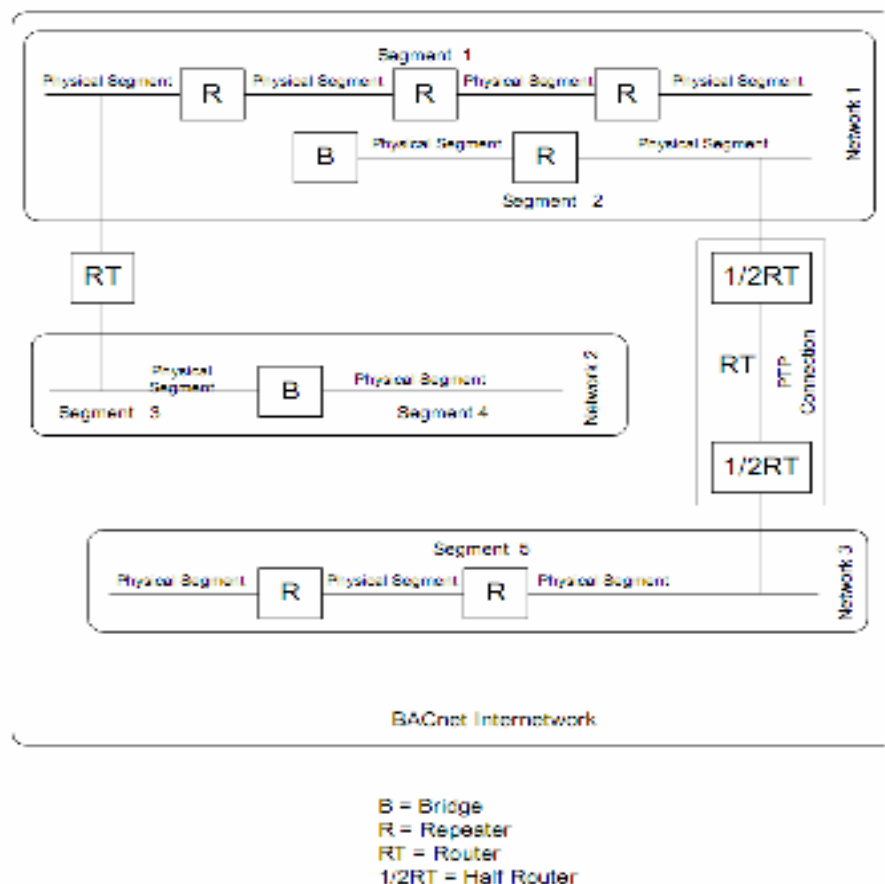
Esitystapakerroksen avulla siirron molemmat osapuolet sopivat keskenään siirron syntaksista. Tässä tapauksessa syntaksilla tarkoitetaan eräänlaista käännöstä käyttäjän näkemästä tiedosta sovelluskerroksen puitteissa. Tämä tieto käännetään tavuiksi, jota käsitellään puhtaasti datana alemmissa kerroksissa. Jos käytetään vain yhdenlaista syntaksia, kuten BACnetissä, on esitystapakerroksen ainoa tehtävä sovellustiedon enkoodaus siirtoa varten. Enkoodaus-toiminto on BACnetissä sisällytetty jo sovelluskerroksen toimintoihin, jolloin erillinen esitystapakerros on täysin tarpeeton. [4, s. 21-23.]

Sovelluskerros

Sovelluskerroksen toiminnoilla on toteutettu sovellusten toiminnallisuuden vaatima tiedonsiirto, joka tässä tapauksessa tarkoittaa lähinnä kiinteistöautomaatiikan eri pisteiden ohjausta ja valvontaa. Tämän takia se on hyvin olennainen osa myös BACnetiä. [4, s. 21-23.]

2.2.3 Verkkotopologia

BACnet-protokollassa ei määritellä kiinteää muotoa verkkotopologialle. Näin saadaan kasvatettua sovellusten joustavuutta. Jokainen BACnet-laite on kytketty fyysiseen segmenttiin. BACnet-segmentti koostuu yhdestä tai useammasta verkkosegmentistä, jotka yhdistyvät fyysisessä kerroksessa toistimien avulla. BACnet-verkko taas koostuu yhdestä tai useammasta segmentistä, jotka yhdistetään keskenään kytkimillä. Tämä tapahtuu fyysisen kerroksen ja siirtoyhteyserroksen puitteissa. Kytkimen avulla voidaan suodattaa viestejä MAC-osoitteen perusteella. Myös useampien BACnet-verkkojen yhdistäminen on mahdollista, kuten edellä kerrottiin. Nämä verkot voi olla myös keskenään toteutettu eri yhteysmuodoilla (vrt. Ethernet ja MS/TP). Tällöin yhdistäminen tapahtuu BACnet-reitittimien avulla. Tässä kokonaisuudessa minkä tahansa kahden pisteen väliseen kommunikointiin on vain yksi reitti siirrettävälle tiedolle (kuva 3). [4, s. 23.]



Kuva 3. Esimerkki BACnet-verkkokokonaisuudesta [4, s. 24]

2.3 OSI-mallin mukaisen sovelluskerroksen toiminta

Protokollan sovelluskerroksen määrittelyn tarkoituksena on kuvata malli sille, miten sovelluskerros kommunikoi sovelluksen ja alempien kerrosten kanssa. Kaikki sovelluksessa tapahtuvat asiat, jotka eivät liity sovelluskerrokseen ja sen tiedonsiirtoon muiden kerrosten tai itse sovelluksen kanssa, eivät ole määriteltyjä BACnetissä.

Sovelluskerroksessa toimiva palvelukäytäntö pitää huolta siirtotoiminnolle tärkeistä asioista. Se pitää sisällään siirtotapahtuman sisällön, luo jokaiselle palvelupyynnölle tunnusteen ja pitää huolen, että oikean tunnusteen sisältävät pyynnot välitetään oikealle kohteelle. Se vastaa myös aikakatkaisuun tarvittavista ajastimista, joihin määriteltyjen aikojen jälkeen se yrittää siirtoa uudelleen, jos sitä ei aikarajan puitteissa ole saatu onnistuneesti suoritettua. Palvelukäytäntö hoitaa myös erään käyttäjän näkökulmasta tärkeän tehtävän, laitteen toimintojen muuttamisen BACnet-objekteiksi.

Tiedonvaihto kahden pisteen sovelluskerrosten välillä tapahtuu palveluviestejä käyttäen. Palveluviestit sisältävät tarkempia parametreja halutulle tiedolle. Viestityyppinä on määritelty neljä kappaletta. Näitä ovat pyyntö, indikointi, vastaus ja vahvistus. Näiden viestien sisältämä tieto kuljetetaan käyttäen erilaisia protokollan tietoyksiköitä, joita standardissa on määritelty. Tietoyksiköitä on määritelty standardissa monia erilaisia, jotta viestin tyyppi saadaan indikoitua yksiselitteisesti. Viestityyppi voi olla esim. BACnet-palveluviesti tai torjunta-, keskeytys-, virhe- tms. viesti.

Palveluviesti sisältää kohdeosoitteen, lähtöosoitteen, verkkoprioriteetin ja parametrin, joka puolestaan sisältää tiedon siitä, odottaako palveluviestin lähettäjä saavansa kohteesta jotain tietoa vai ei. Verkkoprioriteetilla määritellään kahden samanaikaisen siirron sattuessa niiden tärkeysjärjestys. Toinen joutuu odottamaan, kun toista siirretään, jos toisella on suurempi prioriteetti. [4, s. 26-27.]

2.4 OSI-mallin mukaisen verkkokerroksen toiminta

Verkkokerroksessa määritellään, mitkä viestit voidaan välittää yhdestä BACnet-verkosta toiseen, riippumatta verkossa käytettävästä BACnet-datayhteystekniikasta. Verkossa olevilla BACnet-laitteilla on verkko- ja MAC-osoite, joiden avulla jokainen laite saa uniikit tunnisteet. Näin se voidaan tunnistaa yksiselitteisesti ja luotettavasti.

Jos kahdessa eri verkossa käytettävä fyysinen siirtoyhteystekniikka on erilainen, kulkevat viestit BACnet-reitittimen kautta, joka välittää verkosta toiseen menevän tiedon. Reitittimet tekevät ja ylläpitävät reititystaulukoitaan automaattisesti standardissa määritellyn verkkoprotokollan mukaisesti. Nämä taulukot sisältävät tietoja esimerkiksi jokaisen laitteen verkko-osoitteesta, MAC-osoitteesta, sekä listan laitteista, joihin saataisiin yhteys jonkin toisen laitteen kautta. Näin reititin tietää välittämänsä viestin kohdalla, mihin viesti pitää ohjata.

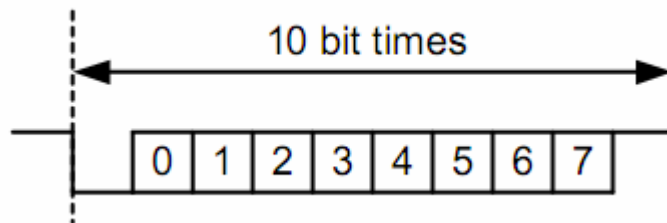
Joitakin OSI-mallissa määriteltyjä verkkokerroksen ominaisuuksia ei BACnet-protokollassa tarvita. Eräs tällainen algoritmiin perustuva ominaisuus on datareitintä valinta lähettävän ja vastaanottavan laitteen välillä. BACnet-verkossa olevien kahden laitteen välillä on vain yksi määritelty kulkureitti datalle, joten algoritmiin perustuva reititys ei ole tarpeen. Näin poistamalla tarpeettomia ominaisuuksia on verkkokerrosta saatu yksinkertaistettua merkittävästi. [4, s. 59-72.]

2.5 OSI-mallin mukaisen datayhteyskerroksen ja fyysisen kerroksen toiminta

Datayhteyskerroksen ja siirtokerroksen toiminnot ovat isoilta osin erilaisia riippuen siitä, millaista fyysistä yhteyttä käytetään (vrt. Ethernet, Arcnet, LON). Siirrettävien datapakettien pituus (tavujen määrä) vaihtelee eri yhteystyyppien välillä. Toiset yhteystyypit eivät hyväksy tietyn pituuden ylittäviä viestejä lainkaan. Toiset taas eivät hyväksy sitä, että viestin pituus on liian lyhyt.

Tässä työssä tarkastellaan lähemmin MS/TP-yhteystyyppiä. Fyysisenä siirtotienä MS/TP-tyypissä käytetään häiriösuojattua kierrettyä parikaapelia, jonka ominaisimpedanssi on 100–130 Ω . Suositeltu maksimipituus MS/TP-segmentille on 1200 metriä käytettäessä AWG 18 -kaapelityypin määritelmät täyttävää kaapelia. Yhteen segmenttiin liitettävien laitteiden maksimimäärä on yhteensä 32 kpl. Tämä ohjearvo voidaan kuitenkin ylittää käyttäen toistimia. Jokaisen segmentin molemmissa päissä pitää olla päätevastus arvoltaan $120 \Omega \pm 5 \%$. Muualla segmentissä ko. arvon omaavia vastuksia ei saa olla, jotta verkko toimisi häiriöttömästi.

MS/TP-siirtotiessä käytetään datakehysten pituutena kahdeksaa databittiä aloitus- ja lopetusbitin kera, mutta ilman pariteettibitti-ominaisuutta. Aloitusbitin on oltava loogiselta arvoltaan 0 ja lopetusbitin 1. Tiedonsiirrossa vähiten merkitsevä bitti siirretään ensin ja eniten merkitsevä viimeisenä (Kuva 3). Vakiona tiedonsiirtonopeutena käytetään 9,6 kb/s, tukien myös nopeuksia 19,2 kb/s, 38,4 kb/s ja 76,8 kb/s. Tuettavat nopeudet edellyttävät, että käytettävästä laitteesta löytyy myös tuki ko. nopeudelle.



Kuva 4. MS/TP-siirtotien datakehys. [4, s. 87]

Lähtävän laitteen osoite sekä kohdeosoite ovat molemmat tavun eli 8 bitin mittaisia. Kyseinen yhteystyyppi ei tue muunlaisia osoitteita. Osoite 255 on varattu ns. broadcast-viesteille, osoitteet 0-127 voivat olla joko isäntä- tai orjakäytössä, ja osoitteet 128-254 ovat varattuja ainoastaan orjille. [4, s. 80-88]

2.6 Protokollan toimintojen toteuttaminen laitteisiin

Kaikilla laitteilla, jotka käyttävät BACnetiä, on oltava PICS-dokumentti. PICSissä ilmaistaan, mitkä toiminnot protokollasta on otettu käyttöön ja missä laajuudessa. Dokumentissa on listattu mm. laitteen tyyppi, kaikki laitteen tukemat objektit sekä se, ovatko objektit kirjoitettavia, luettavia vai molempia, ja laitteen käyttämä yhteystyyppi. Valmistajat voivat itse päättää, mitä valinnaisia ominaisuuksia laite tulee pakollisten lisäksi. Laitevalmistajat ovat itse velvollisia laatimaan laitteelle PICS-dokumentin. Liitteessä 3 on esimerkkinä tässä työssä käytetyn alakeskuksen ko. dokumentti. [13.]

3 Käytännön toiminta

3.1 Objektit ja niiden ominaisuudet

Verkossa olevan laitteen tietorakenne saattaa vaihdella laitteesta riippuen. Jotta tietoa voidaan siirtää suuntaan tai toiseen laitteiden välillä, on tietorakenteen oltava yhtenäistä. Standardissa on määritelty rakenne, jolla laitteen on esitettävä datansa verkolle. BACnet-standardissa verkolle näkyvät rakenteet määritellään ns. objekteina.

Objekteja on monia erilaisia, ja niille voi olla määriteltynä erilaisia sallittuja toimenpiteitä. Objekteille on määritelty muutettavia ominaisuuksia (Properties), joita voi olla objektista riippuen monia erilaisia. Toiset ominaisuudet voivat olla sekä luettavia että kirjoitettavia, kun taas toiset ovat vain jompaakumpaa näistä. Kaikkiin objekteihin viitataan erityisellä tunnisteella (Object_Identifier), joka on yksi objektin standardiin määritellyistä pakollisista ominaisuuksista.

Jokaiselle objektityypille määritellään standardissa muutamia pakollisia ominaisuuksia. Tämän lisäksi on olemassa lukemattomia valinnaisia ominaisuuksia. Valmistajat voivat käyttää myös mielivaltaisia ominaisuuksia, jotka sopivat laitteisiin ja joita ei ole standardissa määritelty. Näin saadaan lisättyä protokollan joustavuutta merkittävästi. Jokaiselle standardissa määritellylle objektille on omat määrittelynsä, joiden tarkoitus on ilmaista, mitkä objektin ominaisuuksista ovat pakollisia, mitkä valinnaisia ja mitkä

luettavia tai kirjoitettavia. Myös ominaisuuksien datatyypit (esim. kokonaisluku, boolean, jne.) on määritelty jokaiselle ominaisuudelle erikseen. Työntekoajankohtana objektien avulla oli mahdollista lukea ja kirjoittaa erityyppisten pisteiden arvoja, hallita aikatauluja, historiatrendejä ja häilytyksiä sekä näihin liittyviä ominaisuuksia.

Jokaisella laitteen sisältämällä objektilla on oltava uniikki tunniste, jotta ne voidaan erottaa toisistaan. Myös standardoimattomille objektityypeille on määritelty pakollisia ominaisuuksia. Jokaisen objektityypin on tuettava kolmea ominaisuutta. Näitä ovat Object_identifier (objektin tunniste), Object_Name (objektin nimi merkkijonona) ja Object_Type (objektityyppi). Näiden ominaisuuksien on toimittava standardissa esitettyjen määrittelyjen mukaisesti, eli objektin tunniste ja nimi on oltava kyseisen laitteen sisäisesti katsottuna uniikkeja. Jokaisen ominaisuuden, oli se sitten pakollinen tai valinnainen kyseiselle objektille, on toiminnaltaan oltava vähintään sellainen, kuin standardissa on määritelty.

Monille objektityypeille on määritetty eräänlainen luotettavuus-ominaisuus. Tällä saadaan tieto, onko kyseisen objektin jokin tietty arvo luotettava. Kyseinen ominaisuus voi palauttaa useita tiloja. Otetaan esimerkiksi tilanne, jossa analogiseen sisääntuloon on liitetty jokin anturi. Tällaisessa tapauksessa luotettavuus-ominaisuus voi palauttaa erilaisia arvoja. Näitä ovat: ei häiriötä, ei sensoria tai yli määriteltyjen rajojen. Ei sensoria -tila palautuu useimmiten tilanteissa, joissa ko. sisääntulosta ei saada mittausarvoa. Tämä johtuu useimmiten siitä, että anturia ei ole kytketty. Yli määriteltyjen rajojen -tila taas palautuu useimmiten tilanteissa, joissa mittausarvo on moninkertainen normaaliin nähden. Tämä johtuu taas useimmiten siitä, että anturi on viallinen. Kyseisen ominaisuuden palauttamasta tilasta voidaan päätellä tarkasti saatavan arvon luotettavuus. Tästä voi olla merkittävää hyötyä vikatilanteissa.

```

Object_Identifier = (Analog Input, Instance 1)
Object_Name = "1AH1MAT"
Object_Type = ANALOG_INPUT
Present_Value = 58.1
Description = "Mixed Air Temperature"
Device_Type = "1000 OHM RTD"
Status_Flags = {FALSE, FALSE, FALSE, FALSE}
Event_State = NORMAL
Reliability = NO_FAULT_DETECTED
Out_Of_Service = FALSE
Update_Interval = 10
Units = DEGREES_FAHRENHEIT
Min_Pres_Value = -50.0
Max_Pres_Value = 250.0
Resolution = 0.1
COV_Increment = 0.2
Time_Delay = 10
Notification_Class = 3
High_Limit = 60.0
Low_Limit = 55.0
Deadband = 1.0
Limit_Enable = {TRUE, TRUE}
Event_Enable = {TRUE, FALSE, TRUE}
Acked_Transitions = {TRUE, TRUE, TRUE}
Notify_Type = EVENT
Event_Time_Stamps = ((23-MAR-95,18:50:21.2),
(*-*-,*:*:*),
(23-MAR-95,19:01:34.0))

```

Kuva 5. Esimerkki AO-objektista. [4, s. 451]

Jokaiselle objektityypille on standardissa määritelty kymmeniä pakollisia tai valinnaisia ominaisuuksia, joiden tarkastelu rajataan tämän työn ulkopuolelle. Lisätietoa niistä löytyy standardista tai BACnet-laitteiden datalehdistä. Jokaisen BACnet-hyväksynnän saaneen laitteen voidaan olettaa tukevan määriteltyjä ominaisuuksia. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki analogisen ulostulo-objektin sisältämisestä ominaisuuksista ja niiden oloarvoista kyseisellä hetkellä. [4, s. 139-146.]

3.2 Objektien palvelut

Objektien eri ominaisuuksien käsittelyyn (esim. lukemiseen tai kirjoittamiseen) on olemassa lukuisia palveluja. Tavanomaisimpia näistä ovat erilaiset luku- ja

kirjoituspalvelut, joiden avulla voidaan lukea esim. jonkin sisääntulon arvo tai kirjoittaa arvo määrättyyn ulostuloon.

Muita hyödyllisiä palveluita, joita yksinkertaisimmat järjestelmät eivät tue, ovat erilaiset hälytyspalvelut sekä tapahtumiin perustuvat palvelut. Näistä monien laitevalmistajien käyttämiä ovat COV-palvelut, joissa määriteltävän suuruinen muutos arvossa, johon palvelu kohdistuu, lähetetään määriteltäville vastaanottajille, tai vaihtoehtoisesti vain tiedotetaan muutoksesta määriteltäville kohteille. Ko. ominaisuus toimii yhtäläillä tarkkailtaessa jonkin kohteen tilan muuttumista. Ominaisuutta voidaan käyttää myös esimerkiksi siten, että tietyn suuruisen muutoksen tapahtuessa, muutetaan jotain toista arvoa määriteltävän suuruisesti. Käytännössä ominaisuus on erilaisia arvoja tarkkailtaessa rakennusautomaation kannalta tärkeä, ja useimmat laitevalmistajat sitä tukevatkin. Pakollisena palveluna se on hyvin harvassa objektissa, mutta laitevalmistajat voivat lisätä sen valinnaisena palveluna mihin tahansa objektiin. Tästä johtuen se on hyvin yleisesti käytössä. Kuvassa 6 nähdään esimerkki COV-tyyppisen palvelun palauttamasta tiedosta, kun on tarkkailtu jonkin tietyn ominaisuuden arvoa ja se on muuttunut.

```
Service = ConfirmedCOVNotification
Subscriber Process Identifier' = 18
Initiating Device Identifier' = (Device, Instance 4)
Monitored Object Identifier' = (Analog Input, Instance 10)
Time Remaining' = 0
List of Values' = ((Present_Value, 65.0), (Status_Flags, (FALSE, FALSE, FALSE, FALSE)))
```

Kuva 6. COV-palvelun palauttamat tiedot. [4, s. 469]

Myös tapahtumaperusteiset palvelut toimivat hyvin samankaltaisesti, eli jonkin määriteltävän tapahtuman sattuessa toteutetaan jokin toimenpide tai lähetetään tieto siitä tietyille vastaanottajille. Hälytyksillä ja tapahtumapohjaisilla palveluilla ei ole suuria eroja BACnet-maailmassa. Ne erotellaan ainoastaan erään palvelun palauttamilla arvoilla. Tämä palvelu, GetAlarmSummary, palauttaa hälytyksiksi määritellyt palvelut ja jättää huomioimatta muut tapahtumapohjaiset palvelut. Muulla tavoin hälytyksiä ja tapahtumapohjaisia palveluja ei erotella.

BACnetissä on määritelty myös muita tilojen muutoksiin pohjautuvia palveluita kuin COV-palvelut. Näitä voivat olla esim. jonkin kohteen tilan tai arvon muutoksesta kertovat tilatiedot. Käytännössä siis määriteltyjen ominaisuuksien tilojen tai arvojen muuttuessa tästä tapahtumasta muutetaan määrättyä tilatietobittia (status flag), josta saadaan tieto, että jokin muutos on tapahtunut. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi siten, että saataessa tieto jonkin tilan muuttumisesta voidaan kaikki siihen liittyvät arvot päivittää järjestelmän seurantaan tarkoitetun sovelluksen esittämiin tietoihin.

Standardissa on myös määritelty erinäisiä tiedostojen luku- ja kirjoituspalveluita. Tiedostoilla viitataan vaihtelevan kokoisiin tavuryhmiin, joita käytetään eri tarkoituksiin ja jotka ovat esitetty BACnet-verkolle sopivassa muodossa. Toiminnoilla ei siis yleisesti ottaen viitata levyllä tai muilla massamuisteilla sijaitseviin tiedostoihin, vaan yleisesti ottaen laitteen sisäisiin tai muihin protokollassa määriteltyihin tiedostoihin. BACnet-laitteessa tiedostot kuvataan objekteina, jotka ilmaisevat tiedoston nimen, koon, tyyppin sekä päivämäärän, jolloin tiedosto on luotu. Luettaessa tai kirjoitettaessa tiedostoja ko. palvelujen avulla ei samalla hetkellä voida tiedostolle suorittaa mitään muuta toimenpidettä. Esimerkiksi jos tiedostoa kirjoitetaan tai luetaan, toinen lukutapahtuma samalla hetkellä ei ole sallittu. Tällaisten tapahtumien synkronointi sisäisten toimintojen kanssa on määriteltävä paikallisesti, eikä sen toimintaan ole otettu kantaa standardissa.

Näiden tarkempien palveluiden lisäksi on olemassa monia muita palveluja, joiden olemassaoloon ei tule juurikaan kiinnitettyä huomiota käytännön toiminnassa BACnetin parissa työskennellessä. Esimerkiksi jonkin objektin ominaisuuksien katselemiseen ja muuttamiseen on olemassa omat palvelunsa, aivan kuten jonkin ominaisuuden poistamiseen, jos se vain kyseisen ominaisuuden kohdalla on mahdollista. Myös kokonaisten objektien poistamiseen ja luomiseen on olemassa omat palvelunsa, joita on mahdollista suorittaa laitevalmistajan toteutusten puitteissa. [4, s. 233-318.]

4 Laitetestit

Tässä työssä oli tarkoitus valita testattavaksi muutama laite sellaisista laitetyppeistä, joita yritys voisi jatkossa mahdollisesti käyttää. Työn alussa määriteltiin näihin laitetyppeihin kuuluvan mm. huonesäätimet, taajuusmuuttajat sekä I/O-moduulit.

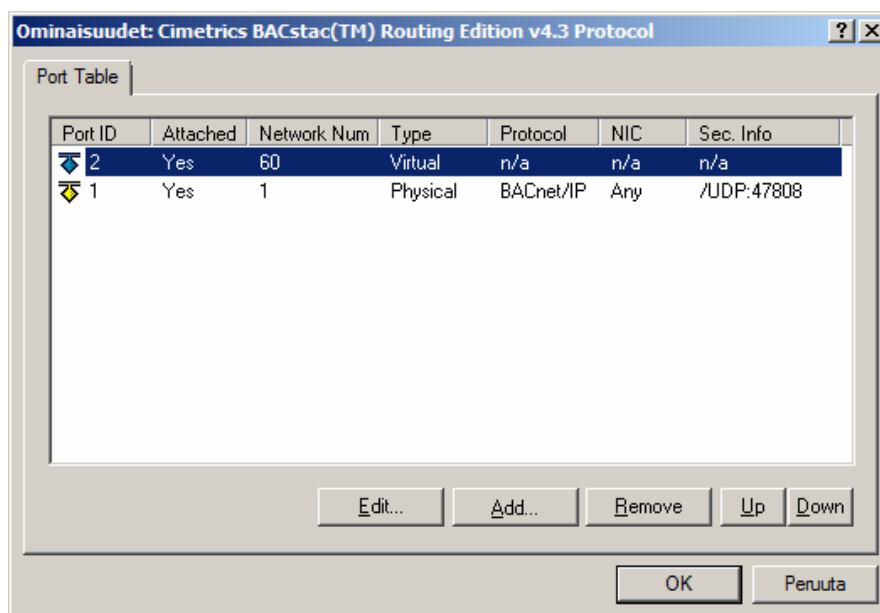
Laitteista oli tarkoitus kartoittaa ja testata tietyt ennalta määritellyt ominaisuudet. Työn alkuvaiheessa laadittiin testauspöytäkirja (liite 1), johon määriteltiin testeissä selvitettävät ominaisuudet. Kyseiset ominaisuudet määriteltiin eri laitetyppeille erikseen, koska odotukset eri laitteiden kohdalla vaihtelivat melko paljon. Sovittuihin ominaisuuksiin kiinnitettiin huomiota valittaessa testattavia laitteita.

Ennen varsinaisia valintoja vertailtiin useita laitteita keskenään. Lopullisiksi laitteiksi valikoituivat Vacon 100- ja Danfoss VLT -sarjan taajuusmuuttajat, sekä Cora-huonesäädin, jonka valmistaja on Deos Control Systems. Myös muita laitteita pyrittiin saamaan testaukseen, mutta toimittajien haluttomuus toimittaa tuotteista yksittäiskappaleita jokseenkin siedettävillä hinnoilla koitui esteeksi. Molemmat taajuusmuuttajat olivat yrityksen laitevalikoimissa tuttuja, joten ne olivat helppoja valintoja. Näin ollen Deosin huonesäädin oli ainoa laite, joka tilattiin erikseen.

Laitteiden toiminnasta oli tarkoitus selvittää testauspöytäkirjassa määritellyt ominaisuudet sekä testata niiden yhteistoimintaa Trendin IQ3-alakeskusten, SET-ohjelmiston sekä 963-valvomotyökalun kanssa. MS/TP-yhteystyyppiä käytettäessä laitteet liitettiin verkkoon käyttäen MBS:n Universal BACnet router -reititintä. Reititin vaaditaan BACnet MS/TP- ja BACnet IP -verkkojen välille, jotta ne voivat kommunikoida keskenään. SET-sovellus sekä IQ3-alakeskukset kommunikoivat BACnet IP:n avulla, joten reitittimen käyttö oli tätä työtä tehdessä pakollista.

Laitteiden tarkastelu aloitettiin valmistelemalla testiympäristö ja -ohjelmistot työn kannalta optimaalisiksi. Tämä tarkoitti lähinnä sitä, että laitteille ja niiden kytkennöille varattiin riittävästi tilaa paikasta, jossa laitteet olisivat mahdollisimman vähän häiriöksi. Työssä käytettyyn tietokoneeseen oli jo ennalta asennettu SET- sekä 963-ohjelmistot.

Näiden lisäksi SET-ohjelmistoa varten asennettiin Trendin BACnet Gateway -sovellus, jonka avulla SET pystyy kommunikoimaan BACnet-protokollaa käyttäen. BACnet Gateway -sovellusta asennettaessa luotiin tietokoneelle BACstac-protokollapino, jonka asetuksia voitiin manuaalisesti muuttaa (kuva 7). Sille pystyttiin erikseen määrittämään sekä fyysinen että virtuaalinen portID, joka on eräänlainen porttiosoite. Tätä porttiosoitetta vastaamaan määriteltiin eräänlainen verkko-osoite kokonaislukuna. Näiden tunnusten avulla voitiin ohjelmistoa käytettäessä kohdentaa oikea verkko, johon yhteys halutaan ottaa.



Kuva 7. BACstac-protokollapinon asetukset.

Yrityksen työntekijöillä oli vain vähäistä kokemusta Trend-laitteistojen yhteensopivuudesta BACnet-protokollan kanssa ja, mikä tärkeintä, SET-ohjelmiston käytöstä ko. protokollan kanssa. Ohjelman käyttö oli merkittävässä roolissa tätä työtä tehdessä. Se oli ainoa käyttöliittymä, josta nähtiin todellisia tapahtumia väylällä ja jolla ohjattiin käytössä olleiden laitteiden toimintaa alakeskusten välityksellä. BACnet-verkkoon yhdistämisen ja verkosta laitteiden löytämisen periaatteet käytiin läpi työn ohjaajan kanssa ennen laitetestien aloittamista. Silti kyseinen asia tuotti päänvaivaa ja vei runsaasti aikaa testien alkuvaiheessa muutaman ajatusvirheen takia.

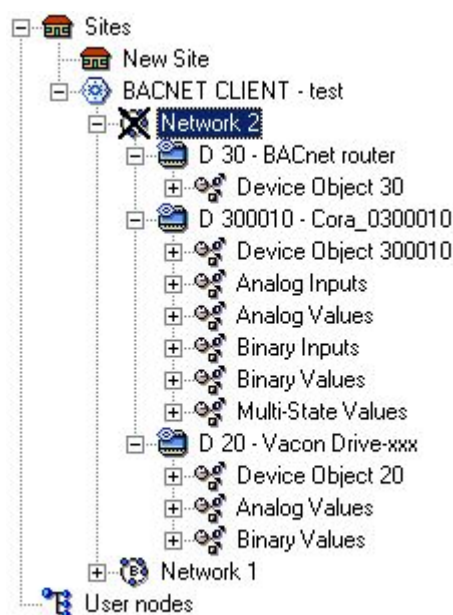
Laitetestit aloitettiin kokeilemalla Deosin Cora-huonesäädintä. Aiemmin mainittujen ongelmien ja lukuisten ongelmanselvitystuntien jälkeen päädyttiin kuitenkin ensin testaamaan BACnet/IP-yhteystyyppiä. Tämän katsottiin olevan kytkennöiltään varmempi yhteystyyppi. Näin saatiin suljettua pois virhekytkentöjen mahdollisuus verrattuna muiden laitteiden käyttämään MS/TP-yhteystyyppiin.

4.1 Vacon taajuusmuuttaja ja BACnet/IP

Varsinaiset laitetestit aloitettiin BACnet/IP:n kautta käytettävällä Vacon taajuusmuuttajalla. Laite kytkettiin ensin RJ45-kaapelilla yrityksen sisäiseen Ethernet-verkkoon. Tämän jälkeen tutustuttiin laitteen käyttöpaneelistä valittavina oleviin asetuksiin ja parametreihin kyseiselle yhteystyypille. Havaittiin, että kyseisellä yhteystyypillä muutettavia asetuksia on melko vähän. Aluksi tarkastettiin, että DHCP-toiminto on käytössä ja laite saa automaattisesti IP-osoitteen verkosta. Lisäksi todettiin, että laite sai järkevältä näyttävän IP-osoitteen, sekä varmistettiin, että aliverkon peite on oikea, jotta laite näkyisi samassa verkossa työssä käytettävän tietokoneen kanssa. Tämän jälkeen laitteelle määriteltiin paneelista MAC-osoite sekä BACnet Instance number. MAC-osoitteeksi määritettiin 1, ja Instance number sai määrittelyn 20. Näin laitteelle oli määritelty kaikki alkuvaiheessa tarvittavat parametrit, jotta se voitaisiin löytää BACnetin avulla verkosta.

Tämän jälkeen käynnistettiin SET-ohjelma, ja yritettiin löytää taajuusmuuttaja verkosta. Luotiin SET:ssä Live site, eli käytännössä tarkasteltiin verkosta löytyviä laitteita luomatta sen kummemmin mitään projektia tai muuta vastaavaa. Käynnistettäessä Live site luo SET automaattisesti ohjelmapuuhun (kuva 8) kohteen Trendin omille laitteille (esim. alakeskuksille), jotka kommunikoivat keskenään Trendin oman protokollan avulla. Tämä oletus jätettiin omaan arvoonsa, ja luotiin uusi Site, jonka protokollaksi valittiin BACnet. Tälle määriteltiin portID:ksi 2 ja verkkonumeroksi 1. Tässä vaiheessa luultiin, että verkkonumerolla tässä määrittelyssä tarkoitettiin ohjelman luomaa verkkoa, jossa BACnet-laitteet näkyvät. Näillä määrittelyillä verkosta ei kuitenkaan BACnet-laitteita löytynyt. Asiaa lähemmin tarkasteltaessa havaittiin, että SET-ohjelman käyttöoppaassa painotettiin nimenomaan sitä, että kohdetta luotaessa portID:n ja

verkkonumeron on vastattava BACnet-protokollapinon määrittelyissä olevia asetuksia ko. kohteille. Lisäksi oppaassa ilmaistiin, että verkkonumeron on oltava uniikki siten, että muita laitteita ei voi olla määritelty samaan verkkoon. SET vaatii siis itselleen oman, uniikin verkkotunnisteensa. Näin ollen BACnet-protokollapinon asetuksiin määriteltiin portID 2 vastaamaan verkkonumeroa 60, jonka tiedettiin olleen sellainen, joka ei ollut käytössä missään muualla BACnet-järjestelmässä. Näiden muutosten jälkeen käynnistettiin SET-ohjelma uudelleen ja tehtiin samat toimenpiteet, sillä poikkeuksella, että BACnet-kohdetta luotaessa määritettiin portID:ksi 2 ja verkkonumeroksi 60. [6]



Kuva 8. SET-ohjelmiston ohjelmapuu.

Välittömästi kun kohde oli luotu ja kohteen tila päivitetty, näkyi taajuusmuuttaja linjalla. Seuraavaksi tarkasteltiin käyttöliittymästä parametreja ja tietoja, joita taajuusmuuttajasta oli mahdollista nähdä. Kaikki laitteen tarjoamat tiedot näkyvät BACnetin kautta ns. objekteina, joilla jokaisella on useampia ominaisuuksia. Objektin sisältämien ominaisuuksien määrät ja tyypit riippuvat siitä, minkä tyyppistä objektia tarkastellaan. Taajuusmuuttajan tapauksessa objektit koostuivat pakollisesta OBJ_DEVICE-objektista joka sisälsi laitteen tiedot, instanssinumeron yms. yleistä tietoa. Tämän lisäksi taajuusmuuttaja sisälsi useita OBJ_ANALOG_VALUE-, sekä

OBJ_BINARY_VALUE -objekteja, jotka vastasivat laitteen fyysisiä tuloja ja lähtöjä, sekä sisäisiä asetuksia. Joidenkin kirjoitettavien ominaisuuksien arvoja muutettiin, jotta voitiin varmistaa että väylä sekä ohjelma toimivat niin kuin pitääkin. Objekteista voitiin lukea mm. tulojen ja lähtöjen oloarvot, kaikkien mahdollisten parametrien arvot kahden objektin yhdistelmänä, sisäisten PID-säädinten parametrit, sekä erilaisten laskurien arvot. Tarkempi lista luettavista ja muutettavista tiedoista löytyy Vacon 100 BACnet -manuaalista [7].

Rakennusautomaatiossa yleinen lukituspiiri voidaan toteuttaa helposti taajuusmuuttajan omien digitaalitulojen avulla. Taajuusmuuttajasta löytyy valmiiksi parametrit, joilla käynnin lukitus voidaan toteuttaa riippuvaksi jonkin digitaali- tai analogiatulon arvosta. Tällöin voidaan myös määrittää taajuusmuuttajan pysäytys jonkin testauspöytäkirjassa (liite 1) mainitun ulkoisen häiriön mukaisesti. Myös laitteesta löytyvät erilliset lähdöt voidaan määritellä ulkoisen häiriön tapahtuessa omilla parametreillaan tiettyihin arvoihin.

Testissä olleesta laitteesta löytyi 2 analogituloa, 6 digitaalituloa, sekä 1 analogialähtö. Analogitulojen ja -lähtöjen kohdalla voidaan kaksirivikytkimien (DIP-kytkimien) avulla valita, käytetäänkö virta- vai jänniteviestiä. Tämä voidaan tehdä jokaiselle tulolle tai lähdölle erikseen. Näiden lisäksi laitteesta löytyy 3 kpl relelähtöjä, joiden avulla voidaan luotettavasti toteuttaa raitisilmapeltien ohjauksia. Pellin toimilaitteelle tosin pitää erikseen kaapeloida 24 VAC syöttöjännite. Sitä taajuusmuuttaja ei pysty tarjoamaan. Puhaltimen käyntitila saadaan valvontajärjestelmään vaivattomasti väylän kautta. Myös muita aputietoja, esim. tulojen tai lähtöjen oloarvoja saadaan vaivattomasti siirrettyä väylän kautta.

Ohjattaessa puhallinta taajuusmuuttajan avulla, voidaan kanavapaineen säätö toteuttaa joko väylän kautta tai käyttäen apuna taajuusmuuttajan omia PID-säätimiä. Molemmissa tapauksissa on sekä hyviä, että huonoja puolia. Asetusarvo voidaan lähettää taajuusmuuttajalle väylää pitkin. Vastaavasti voidaan mittaustieto lukea väylältä. Väylän kautta saadaan säätö toteutettua valmiilla ohjelmapohjalla, kun taas taajuusmuuttajan omilla säätimillä joudutaan parametrit asettamaan joka kerta erikseen.

Tämä voidaan tosin suorittaa väylän kautta. Tällöin voidaan tehdä ohjelma jolla alustavat parametrit saadaan ajettua säätimeen melko nopeasti. Taajuusmuuttajan omia säätimiä ei tämän työn puitteissa kokeiltu, mutta niiden voidaan olettaa olevan vasteeltaan nopeampia kuin väylän kautta suoritettu säätö. Käytettäessä BACnet IP:tä ei vasteeseen todennäköisesti synny isoa eroa, koska väylän liikennöintinopeudet ovat jokseenkin suuria. Taajuusmuuttajaan voidaan asettaa parametrit kahdelle eri PID-säätimelle, joita kumpaakin voidaan käyttää itse määritellyissä tilanteissa. Käytettävä säädin voidaan määritellä riippuvaksi esim. tulojen arvoista tai muista vastaavista muuttujista. Näin saadaan toteutettua säätö luotettavammaksi eri olosuhteisiin.

Kyseinen taajuusmuuttaja ei valitettavasti tue BACnetin COV-ominaisuutta. Tämä tarkoittaa sitä, että tilojen muutoksista ei saada lähetettyä tietoa muutoksen tapahtuessa, vaan tiedonsiirto alakeskuksen ja taajuusmuuttajan välillä joudutaan suorittamaan pollaamalla. Tällöin alakeskus hakee halutun tiedon sille asetetulla intervallilla.

Ohjausosan kaapelointi tulee Vaconin ohjeiden mukaan suorittaa vähintään 0,5 mm² häiriösuojattua monijohdinkaapelia käyttäen. Kaapelin tulee olla varustettu tiiviillä, pieni-impedanssisella suojavaipalla, kuten JAMAK-kaapelityypissä tai vastaavassa. [7, s. 18, 37.]

4.2 Vacon taajuusmuuttaja ja BACnet MS/TP

Toiminnoiltaan taajuusmuuttaja on täysin samanlainen riippumatta siitä, millä yhteystyypillä sitä käytetään. Merkittävin ero syntyy laitteen käyttöönotossa. Käytettäessä MS/TP-yhteystyyppiä jouduttiin MS/TP- ja Ethernet-verkkojen väliin kytkemään aiemmin mainittu BACnet/IP-MS/TP-reititin. Reitittimelle kaapeloitiin vaaditulla tavalla käyttöjännite ja väylä, jonka toisessa päässä oli Vaconin taajuusmuuttaja. Reitittimelle ja taajuusmuuttajalle kytkettiin virrat, minkä jälkeen tarkastettiin BACnet-reitittimen asetukset väyläliikennöinnin osalta. Lisäksi reitittimen instanssinumeroksi määriteltiin 30 ja verkkonumeroksi 2. Reitittimen asetuksissa määritettiin erikseen verkkonumerot IP- ja MS/TP-verkoille, ja aiemmin mainittu verkkonumero 2 oli siis MS/TP-verkon tunniste. IP-verkon numerolla ei ollut testien

kannalta käytännön merkitystä, sillä käytetty SET-ohjelma tunnistaa kaikki mahdolliset BACnet-verkot, mikäli protokollan määrittelyt vain ovat kunnossa. Tässä työssä ei myöskään ollut käytössä useita BACnet/IP-verkkoja, joten päällekkäisyydet eivät tuottaneet ongelmia. Lopuksi määritettiin vielä MS/TP-yhteyden tiedonsiirtonopeudeksi 76,8 kb/s.

Reitittimessä itsessään on joitain merkkivaloja, jotka indikoivat eri asioita. Yksi tärkeimmistä oli merkkivalo, joka kertoo väylän tilan eli sen kommunikoiiko reititin siihen liitettyjen laitteiden kanssa onnistuneesti vai ei (kuva 9).



Kuva 9. Työssä käytetty BACnet-reititin MBS UBR-01. [8]

Kun molemmille laitteille oli kytketty virrat ja reitittimen asetukset määritelty, havaittiin tila-merkkivalon vilkkuvan punaisena. Tämä tarkoitti sitä, että yhteyttä reitittimen ja laitteiden välillä ei ole tai yhteydessä on jokin häiriö. Seuraavaksi määriteltiin taajuusmuuttajalle MS/TP-verkon asetukset. Ensin muutettiin laitteen oman käyttöpaneelin avulla käytettäväksi yhteystyypiksi BACnet MS/TP. Tämän jälkeen valittiin tiedonsiirtonopeudeksi sama 76,8 kb/s kuin reitittimelle. Vacon tukee myös automaattista baudinopeuden määrittystä, eli se pystyy itse havainnoimaan nopeuden ja valitsemaan omat määrittäksensä sen mukaan, mutta kyseistä ominaisuutta ei tämän työn

puitteissa kokeiltu. MAC-osoite- ja Instance number -määrittelyt jätettiin samoihin arvoihin, kuin ne olivat kokeiltaessa laitetta IP-verkossa. Muita parametreja ei muutettu, vaan ne jätettiin oletusarvoihinsa.

Parametrimuutosten jälkeen asetettiin taajuusmuuttajasta väylän terminointi (päätevastus) sille määritellyllä DIP-kytkimellä, koska se oli väylän viimeinen laite. Näin tehtiin valmistajan ohjeiden siihen kehottaessa, vaikka todellista merkitystä tällä ei uskottu olevan väyläpituuksien ollessa vain 20–30 senttimetrin luokkaa. Taajuusmuuttaja käynnistettiin uudelleen, jolloin tehdyt parametrimuutokset astuivat voimaan.

Käynnistyttyään uudelleen laite lähettää I-Am-palvelun verkolle, jotta muut laitteet tietävät sen olemassaolosta. Tämä on tärkeä tieto reitittimelle, jotta se saa pidettyä kasassa tiedot kaikista verkossa olevista laitteista, joiden lähettämiä tietoja sen pitää reitittää muille laitteille. Parametrimuutosten astuessa voimaan uudelleenkäynnistyksessä alkoi reitittimen tila-merkkivalo vilkkua vihreänä. Tämä ilmaisee sitä, että väylä toimii niin kuin sen pitääkin eikä virheitä ole havaittu.

SET-ohjelmiston ja BACnet-protokollan asetuksia ei tarvinnut yhteystyyppin muutoksen yhteydessä muuttaa, joten kaikki muut asettelut säilyivät ennallaan. Merkkivalon ilmaistessa yhteyden olevan kunnossa tarkastettiin, havaitseeko SET-ohjelmisto laitteita verkosta. Taajuusmuuttaja sekä reititin näkyivät verkossa ongelmitta. Molemmista laitteista tarkasteltiin väylän kautta näkyviä objekteja. Reitittimestä näkyi vain OBJ_DEVICE-objekti, joka sisältää perustiedot laitteesta. Näitä tietoja olivat mm. nimi, instanssinumero, sijainti yms. Taajuusmuuttajan tiedoista varmistettiin, että samat objektit ja ominaisuudet ovat käytössä kuin BACnet/IP-yhteystyyppilläkin. Näin todettiin olevan, ja voitiin päätellä ainoan eron yhteystyyppien välillä olevan käytännön kannalta käyttöönottovaiheessa sekä väylän liikennöintinopeudessa.

4.3 Deos CORA -huonesäädin ja BACnet MS/TP

Seuraavassa vaiheessa liitettiin väylälle Deos Control Systemsin CORA -huonesäädin. Huonesäädin liitettiin väylälle MS/TP-yhteystyypillä. Tämä haluttiin tehdä siten, että huonesäädin olisi samassa väylässä aiemmin testatun Vacon 100 -taajuusmuuttajan kanssa. Huonesäätimelle kytkettiin erikseen muuntajalla 24 VAC käyttöjännite. Säädin liitettiin väylään ensimmäiseksi ja Vacon-taajuusmuuttaja viimeiseksi laitteeksi. Tämä tehtiin lähinnä siksi, että huonesäätimessä on erilliset ruuviliittimet tulevalle väylälle ja lähtevälle väylälle. Nämä liittimet on laitteessa itsessään yhdistetty. Tämä helpottaa kytkentää siten, että yhteen liittimeen ei tarvitse kytkeä yhtä johtoa enempää. Kun tarvittavat johtoliitokset oli kytketty, asetettiin taajuusmuuttajasta päätevastus varmuuden vuoksi päälle.

Kun laite toimitettiin, ei mukana ollut minkäänlaista dokumentaatiota. Valmistajan verkkosivuilta löytyi kyllä jonkinlaisia dokumentteja lähes kaikista sen tuotteista, mutta kyseisen tuotteen kohdalla tilanne oli toinen. Ainoa verkosta löytynyt dokumentti oli laitteen datalehti. Testauksen ohessa dokumentaatiota tiedusteltiin valmistajalta, koska sen oletettiin helpottavan tiettyjen asioiden hahmottamista työn edetessä. Valmistajan edustaja toimittikin materiaalia sähköpostitse, mutta jotain tuntui aina jäävän uupumaan. Lopulta kaikki tarvittava materiaali saatiin kasaan, ja dokumenteista selvisi monia aiemmin askarruttaneita asioita. Lopuksi selvisi syykin, miksi dokumentaatio ei ollut käytettävissämme heti laitetta tilatessa. Paljastui, että valmistajalla kyllä oli materiaali valmiina, mutta saksan kielellä. Kukaan ei nähtävästi ollut aiemmin tarvinnut materiaalia englanniksi. Toimittajaa ei voi asiasta moittia, sillä heidän edustajansa varmisti vielä myöhemmin puhelimitse, että meillä on kaikki tarvittavat dokumentit. Dokumenteissa havaittiin olevan vielä useita virheitä. Onneksi virheet havaittiin, ja kohdat joissa virheitä oli, olivat sellaisia, että niiden toiminta-ajatus ymmärrettiin virheistä huolimatta.

Huonesäätimen piirilevyllä oli kolme käännettävää kytkintä, joista yhdellä asetettiin baudinopeus ja kahden kytkimen avulla laitteen osoite. Säätimen osoitteen on oltava välillä 1-99. Kytkimillä voitiin valita suurempikin arvo, mutta laite itse ei tue niitä, vaan

niitä käytetään esim. huoltotilaa yms. varten. Kytkimillä asetettiin baudinopeudeksi sama, joka oli määritetty reitittimelle ja osoitteeksi määritettiin arvo 5. Laitteen piirilevyllä oli myös kaksi merkkivaloa, jotka indikoivat laitteen toimintatilaa. Kun vihreä merkkivalo vilkkuu, ja punainen merkkivalo on sammunut, kommunikoi laite väylällä, ja sen toiminta tila on normaali.

Kun tarvittavat kytkennät oli suoritettu, tarkastettiin, että laite on saanut yhteyden ja siihen pääsee käsiksi SET-sovelluksella. Samalla todettiin, että huonesäädin ja taajuusmuuttaja näkyivät linjoilla. SET-ohjelma näyttää aina tietystä verkosta listan koko verkon laitteista. Huonesäätimen kohdalla ihmetystä herätti se, että sen instanssinumerona näkyi 10005. Instanssinumeroa ei ollut vielä mitenkään aseteltu osoitekytkinten määrittäessä vain fyysisen osoitteen väylällä. Tälle havaittiin olevan oma asetuksensa eräässä objektissa. Erään analogiarvon avulla pystyttiin muuttamaan laitteen offset device ID -parametria, jonka avulla instanssinumero määräytyi. Laite muodosti instanssinumeron lisäämällä ko. parametrin arvoon oman fyysisen osoitteensa. Tämä lienee hyödyllinen ominaisuus esim. ryhmitellessä säätimiä. Näin voidaan eri ryhmille määritellä kyseisen parametrin arvo erilaiseksi ja helpottaa laitteiden tunnistamista verkosta.

Huonesäätimeltä väylän kautta luettavia tietoja olivat laitteen sisäisen anturin mittaama huonelämpötila, laitteessa olevan potentiometrin asento sekä laitteesta valittavissa olevan tilan oloarvo. Säätimen etupaneelissa oli kaksi painiketta, joiden tilat voitiin erikseen määritellä (kuva 10). Tämä voitiin myös tehdä väylän kautta. Ylemmällä painikkeella valitaan käytössä oleva tila (0-1-2-3-4), jota yleisimmin käytetään esim. puhallinkonvektorin nopeuden ohjaamiseen. Tilakuvien vieressä oli merkkivalo, joka indikoi käytössä olevaa tilaa. Käytössä olevien tilojen määrä voidaan asettaa väylän kautta, jolloin käyttäjän valittavissa on vain määritelty määrä tiloja. Myös aika, jonka merkkivalo palaa napin painalluksen jälkeen, voidaan määrittää väylän kautta. Paneelin alemman painikkeen painalluksen toiminto voidaan myös erikseen määrittää, ja siihen onkin useita variaatioita. Huonesäätimen dokumentaatiossa yleisimmin mainittu sovellus ko. painikkeelle on lämmityksen tai ilmanvaihdon lisäaika. Kyseisen painikkeen painallus sytyttää oletuksena paneelin alimman, punaisen merkkivalon.

Tämän merkkivalon ohjausta kokeiltiin väylän kautta sen ollessa mahdollista, jotta saatiin testattua myös tiedon lähettämistä alakeskukselta laitteille päin.



Kuva 10. Deos CORA -huonesäätimen ulkoasu.[9]

Muita väylän kautta luettavia ominaisuuksia ovat mm. huonelämpötilan kompensointi. Tämän avulla huonemittausta voidaan korjata määritellyllä arvolla, jos mittausarvo ei jostain syystä ole todellinen. Jos alemman painikkeen käyttötilaksi on määriteltä lisäaikatoiminto, voidaan myös lisäajan pituus määrittää väylän kautta. Tämä voidaan määrittää toimivaksi myös siten, että jokaisella painalluksella aika lisääntyy tietyn askeleen verran johonkin rajaan asti. Laite tukee myös COV-lähetystä, jolla voidaan lähettää jonkin arvon muutos, jos muutos ylittää määritellyn raja-arvon. Sitä tukevia objekteja kyseisessä huonesäätimessä on kaksi kappaletta, lämpötilamittaus ja potentiometrin asento. Muutoksen raja-arvo, josta tieto lähetetään uudelleen, voidaan määrittää molemmille objekteille erikseen.

Globaali tiedonhaku väylältä ei kyseisellä kokoonpanolla onnistu. IQ3-alakeskus ei pysty hakemaan tietoja ns. yleisellä osoitteella, siten että se esim. noutaisi kaikista väylän laitteista saman analogiarvon. Näin ollen ainoa vaihtoehto on hakea arvot säädinkohtaisesti yksi kerrallaan. COV-lähetysten laite voi tehdä globaalina, siten että se tekee ilmoituksen väylälle, josta vastaanottajien olisi tarkoitus pystyä poimimaan se. Alakeskus ei kuitenkaan kyseistä ominaisuutta tue, joten sitä ei tässä työssä pystytty

hyödyntämään. Datalehdessä huonesäätimen virrankulutuksen kerrotaan olevan enimmillään 60 mA käytettäessä 24 VAC käyttöjännitettä ja maksimissaan 30 mA käytettäessä 24 VDC käyttöjännitettä. Kuorman lineaarisuutta ei ole datalehdessä määritetty. [9]

Testissä olleessa mallissa ei ollut ainoatakaan fyysistä tuloa tai lähtöä. Ainoat kytkennät olivat väylälle sekä syöttöjännitteelle. Kyseinen malli on suunnattu käytettäväksi lähinnä väyläohjattujen toimilaitteiden ja puhaltimien ohjainten kanssa. Tällöin erillistä kaapelointia ei tiedonsiirrolle tarvita, vaan tiedonkulku esim. venttiilin asennosta tai puhaltimen nopeudesta hoidetaan väylän kautta. Säätimeistä on saatavilla myös 3-piste- tai termo-ohjaukseen soveltuvia malleja. Yrityksen edustajan mukaan kyseisissä malleissa moottorin ohjaukseen tarkoitetut parametrit ovat aseteltavissa väylän kautta. Kyseisillä malleilla on melko suuri hintaero testissä olleeseen versioon nähden, vähintään n. 25 %.

Säädin on käytännössä itsenäinen huoneyksikkö, eli sekä anturi että säädin on kaikki koteloitu yhteen, kuvassa 10 näkyvään kokoonpanoon. Säätimessä itsessään oleva kytkentätila on melko lailla pieni, joten laajemmalti käytettäessä erillinen jakorasia säätimen kaapelointiin on käytännössä välttämättömyys.

4.4 Danfoss VLT -sarjan taajuusmuuttaja ja BACnet MS/TP

Viimeisessä vaiheessa testattiin Danfossin VLT-sarjan taajuusmuuttajaa. Danfoss ei tue BACnet-ominaisuutta vakiona, vaan siihen on lisättävä optiona saatava lisäkortti. Kortin mukana tuli selkeät ohjeet sen lisäämisestä käyttöön, ja ohjeita seuraten asennus oli suoritettu melko nopeasti. Kortin ollessa asianmukaisesti asennettu oli taajuusmuuttaja valmiina kytkettäväksi. Suurin ero fyysisissä liitännöissä verrattuna Vacon-taajuusmuuttajaan oli se, että Danfoss oli mahdollista liittää ainoastaan BACnet MS/TP-yhteystyyppin avulla. Kyseinen laite ei tue BAnet/IP:tä lainkaan. Muuten liitännät olivat melko samankaltaiset. Taajuusmuuttajasta löytyy 2 relelähtöä, 1 analogilähtö, 2 digitaalituloa, 2 analogituloa sekä 2 pistettä, joita voidaan käyttää sekä digitaalisena tulona että lähtönä. Viimeiset toimivat myös pulssituloina.

Taajuusmuuttajalle kytkettiin käyttöjännite, ja se kytkettiin väylään. Tämä tehtiin siten, että olemassa olevat laitteet, huonesäädin ja Vacon-taajuusmuuttaja, jäivät myös kytketyiksi väylään (liite 4). Danfoss liitettiin viimeiseksi laitteeksi, joten Vacon-taajuusmuuttajasta kytkettiin väylän päätevastus pois käytöstä, ja taas Danfoss-taajuusmuuttajaan se kytkettiin päälle. Muilta osin kytkennät jätettiin entiselleen. Virrat laitettiin päälle, odotettiin, että taajuusmuuttaja käynnistyy, ja jäätiin tarkkailemaan reitittimen merkkivaloja. Havaittiin jälleen, että väylän tila-merkkivalo vilkkui punaisena. Tämä johtui luultavimmin siitä, että taajuusmuuttajan väyläasetuksia ei ollut konfiguroitu. Seuraavaksi tarkastettiin taajuusmuuttajan väyläasetukset käyttöpaneelin avulla. Käytännössä ainoita asetuksia, joihin aluksi piti kiinnittää huomiota, olivat käytettävä väyläprotokolla, baudinopeus, laitteen instanssinumero ja sen fyysinen osoite. Instanssinumeroksi määritettiin 47, fyysiseksi osoitteeksi 8 ja baudinopeudeksi vastaava kuin reitittimellä. Myös muut väyläasetukset käytiin läpi, mutta niitä ei muutettu, sillä valtaosa väylän asetuksista muuttuu suotuisaksi käytettävän protokollan mukaan.

Taajuusmuuttaja käynnistettiin uudelleen, jolloin muutetut asetukset astuivat voimaan. Tämän jälkeen kaikki vaikutti olevan kunnossa, reitittimen tila-merkkivalo vilkkui vihreänä, eikä taajuusmuuttaja antanut väyläkommunikointiin liittyvää hälytystä. Seuraavaksi jo totuttuun tapaan tarkastettiin SET-ohjelman avulla, että taajuusmuuttaja näkyi väylällä. Ensin vaikutti siltä, että sitä ei olisi näkynyt linjoilla ollenkaan, seuraavana hetkenä se taas näkyi aivan normaalisti. Tilannetta tarkkailtiin hetken aikaa, ja havaittiin, että taajuusmuuttaja käynnisti uudelleen väyläliikennöintinsä tietyin väliajoin. Koko taajuusmuuttajan käynnistämistä kokeiltiin uudelleen, mutta sama ilmiö toistui. Ajan myötä uudelleenkäynnistys sykli harveni, ja lopulta ilmiö poistui. Järjestelmäkokonaisuuden ollessa päällä yön yli ei kyseistä ilmiötä havaittu enää lainkaan. Syytä tähän ei löydetty. Erinäisiä toimenpiteitä kokeiltiin, mutta tulos oli aina sama. Vaikka laitetta ei väylällä SET-ohjelman mukaan näkynytkään, onnistui alakeskus hakemaan laitteelta menestyksekkäästi tietoja tehdyn testiohjelman avulla (liite 2). Näin voidaan siis todeta, että vaikka ohjelmisto ei laitetta jostain syystä joka

kerta havainnut, toimi väyläliikennöinti moitteitta. Tiedonsiirrossa ei havaittu minkäänlaisia ongelmia haettaessa yksittäisiä tietoja laitteelta alakeskukselle.

Kun laite lopulta lakkasi käynnistämästä liikennöintiä uudelleen, päästiin tutkimaan, mitä tietoa se tarjoaa väylälle. Laitteen BACnet-manuaalista löytyi lista kaikista tiedoista, joita laitteen olisi tarkoitus näyttää [10]. Kun ominaisuuksia tutkittiin laitteen ollessa edellä mainitussa epästabiilissa tilassa, havaittiin sen näyttävän välillä vain murto-osan objekteista, joita sen kuuluisi näyttää. Laitteen näkyessä näennäisesti ongelmitta linjoilla ei kaikkia ominaisuuksia saatu näkymään. Kun taas edellä mainittu tilanne oli ohi, näkyivät kaikki taajuusmuuttajan objektit väylän kautta. Laitteen kuuluisi esittää väylälle 6 analog input -objektia, 6 analog output -objektia, yli 50 analog value -objektia, 15 binary input -objektia, yli 30 binary output -objektia ja yli 190 binary value -objektia. Tarkempi listaus objekteista löytyy laitteen BACnet-manuaalista [10]. Osa objekteista vastaa laitteen fyysisiä tuloja ja lähtöjä, ilmaisten niiden oloarvon. Muut taas kuvaavat muita taajuusmuuttajan asetuksia, laskureita yms. tietoja. Joitain kirjoitettavia parametreja muutettiin, jotta saatiin varmuus laitteen toimivuudesta jokaisella osa-alueella.

Alakeskukselle tehtiin ohjelma joka hakee tietyin väliajoin kahden objektin oloarvon (liite 2). Objekteiksi valikoituivat taajuusmuuttajan välipiirin jännite sekä jäähdytysrivan lämpötila. Nämä valittiin siksi, että niillä on järkevät arvot ilman, että taajuusmuuttajaan on kytketty moottoria. Arvot myös vaihtelevat hieman, joten nähdään, että arvojen haku onnistuu myös ensimmäisen kerran jälkeen.

Kyseisellä laitteella rakennusautomaatiolle yleisen lukituspiirin toteuttaminen on yhtä vaivatonta kuin aiemmin testatulla Vacon-taajuusmuuttajalla. Lämmityspatterin jäätymissuojan, IV-hätäpysäytyksen tai muun ulkoisen häiriön tilat voidaan kytkeä suoraan taajuusmuuttajalle. Taajuusmuuttajan käynnin lukitus taas voidaan määrittää tapahtuvaksi yhden tai useamman fyysisen tulon oloarvojen perusteella. Fyysisten tulojen ja lähtöjen oloarvot saadaan myös väylää pitkin alakeskukselle ja sitä kautta valvontajärjestelmään.

Taajuusmuuttaja voi itse lähettää COV-palvelupyynnön toisille laitteille halutessaan tietoa jonkin toisen laitteen tietyn arvon muutoksesta. Se voi itse lähettää yleisen viestin muutoksesta väylälle globaalina viestinä, jolloin se on kaikkien laitteiden luettavissa. Toinen mahdollisuus on lähettää muutoksesta tieto suoraan jollekin toiselle laitteelle muutoksen tapahtuessa. Ongelmana kyseisen ominaisuuden hyödyntämisessä on se, että Trendin IQ3-alakeskus ei itse osaa tehdä COV-kyselyä eikä vahvistaa suoraan laitteelle saapuvaa COV-viestiä lähettävälle laitteelle. Tällöin ominaisuus on käytännössä hyödytön yrityksen toimintatavat huomioon ottaen, ja ainoaksi vaihtoehdoksi jää se, että alakeskus itse hakee laitteelta haluamansa arvot tietyin väliajoin. Raitisilmapellit voidaan myös kaapeloida suoraan taajuusmuuttajalle, ja niitä voidaan ohjata relelähtöjen avulla. Pellin toimilaitteelle tarvittava 24 V käyttöjännite voidaan joko kaapeloida taajuusmuuttajalle ja sitä kautta toimilaitteelle tai jotain muuta reittiä suoraan toimilaitteelle. Taajuusmuuttaja itsessään ei kyseistä käyttöjännitettä tarjoa.

Taajuusmuuttajaa voidaan käyttää ns. avoimen piirin toimintatilassa, jolloin voidaan käyttää ulkoista säätöpiiriä, eivätkä taajuusmuuttajan omat nopeudensäädön ehdot ole voimassa. Toinen vaihtoehto on suljetun piirin toimintatila, jolloin käytetään nimenomaan taajuusmuuttajan omaa PID-säädintä. Säätimen parametrit ovat sekä luettavissa että muutettavissa väylän kautta. Käytettäessä laitteen omaa säädintä, voidaan kanavapaineanturin mittaustieto kytkeä suoraan johonkin laitteen omista analogisista tuloista.

5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli saada kokemusta BACnet-protokollan käytöstä sekä kokeilla yrityksen käyttämien laitteiden tarjoamaa BACnet-ominaisuutta yhdessä muiden laitteiden kanssa. Samalla oli tarkoitus arvioida, soveltuuko kyseinen ominaisuus käytettäväksi yrityksen jokapäiväisessä toiminnassa.

BACnetin käytöstä Trendin eri tuotteiden kanssa saatiin paljon kokemusta. Myös Trend-laitteiden positiiviset ja negatiiviset ominaisuudet tulivat melko hyvin esille.

BACnetin käyttö Trend-laitteiden kanssa jatkossa on varmastikin helpompaa ja nopeampaa. Nyt tiedetään, mihin asioihin kyseisen protokollan kanssa toimiessa on hyvä kiinnittää huomiota suunnitellessa ja käyttöönottaessa BACnetiin pohjautuvia järjestelmiä.

BACnetin laajamittaisempaan käyttöön ei yrityksen kannalta ole juurikaan perusteita. Trendin omat laitteet eivät tue tiettyjä avainominaisuuksia, jotka tekisivät BACnetin käytöstä järkevämpää verrattuna yrityksen nykyään käyttämiin kenttäväyläteknikoihin. Yksi näistä ominaisuuksista on COV-lähetysten vastaanotto. Alakeskus ei pysty vastaanottamaan suoraan sille kohdennettuja eikä poimimaan globaalina väylälle lähetettyjä COV-tietoja. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki tiedot on erikseen haettava alakeskukselle. Toiminnallisesti mitään hyötyä ei siis nykyisillä ominaisuuksilla saavuteta.

Tämän työn puitteissa testatun huonesäätimen hinta oli työn tekohetkellä yli kaksinkertainen yrityksen nykyään käyttämiin huonesäätimiin nähden. BACnet-huonesäätimien valikoima on nykyisellään melko rajoitettua, ja valmistajia on vielä melko vähän. Koska BACnet ei toistaiseksi tarjoa riittävästi lisäarvoa toiminnalle ja yrityksessä lukumäärällisesti käytetyimpien tuotteiden eli huonesäätimien hinnat ovat kalliimpia, ei BACnetin käyttöön ole perusteita siirtyä.

BACnet-taajuusmuuttajien avulla saavutettaisiin tilanne, jossa alakeskusten kalliita fyysisiä I/O-pisteitä ei tarvitsisi käyttää. Käyttäjän näkökulmasta katsottuna etuna olisi suuremman tietomäärän saaminen taajuusmuuttajalta kaapeloinnin pysyessä vähäisenä. Tällöin kuitenkin BACnet-taajuusmuuttaja olisi toteutuksena haasteellisempi varolaitteiden, raitisilmapeltien ohjauksien yms. osalta. Tällaisissa tapauksissa kaapelointi saattaa jopa lisääntyä, koska varolaitteet, toimilaitteet yms. joudutaan kaapeloimaan taajuusmuuttajalle. Tästä syystä väyläpohjaisten taajuusmuuttajien käyttöön siirtyminen ilman erillistä vaatimusta ei ole mielekäästä.

Alakeskuksen pollausväli on yksi ratkaiseva tekijä, josta saattaisi muodostua ongelma toteutettaessa ilmanvaihtokoneen kanavapainesäätöä BACnet-taajuusmuuttajan avulla.

Minimiväli on 15 sekuntia, jolloin vaste säätöön saattaa jäädä liian hitaaksi. Sama ongelma koskee kaiken tyyppisiä säätöjä, jotka vaativat nopeampaa vasteaikaa toimiakseen luotettavasti.

Jos laitevalmistaja tarjoaa jatkossa päivityksen edellä mainittuihin ominaisuuksiin alakeskusten suhteen, tuo BACnet jo melko lailla lisäarvoa nykyiseen toimintamalliin nähden. Tällöin protokollan laajamittaisemman käytön aloittaminen lienee syytä arvioida uudestaan.

Lähteet

- 1 BACnet overview. (WWW-dokumentti.) ASHRAE SSPC 135.
<<http://www.bacnet.org/Overview/index.html>> Luettu 3.12.2009
- 2 The Development of BACnet. (WWW-dokumentti.) ASHRAE SSPC 135.
<<http://www.bacnet.org/Bibliography/SPEE-11-98.html>> Luettu 3.12.2009
- 3 OSI-Malli. (WWW-dokumentti.) Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Raahen tekniikan ja talouden yksikkö.
<http://www.ratol.fi/opensource/lahiverkot/fin/yleista/osi_malli.htm> Luettu 5.12.2009
- 4 SFS-EN ISO 16484-5: Building automation and control systems, Part 5: Data communication protocol. Suomen standardisoimisliitto, 2004.
- 5 BACnet basics. (WWW-dokumentti.) BACnet interest group Europe.
<<http://www.big-eu.org/eng/bacnet/basics.php>> Luettu 10.12.2009
- 6 SET Manual, Issue 7. (PDF-dokumentti.) Trend control systems. Luettu 18.2.2010.
- 7 Vacon 100 AC Drives BACnet protocol installation and user's manual. Vacon Oyj, 2008
- 8 Universal BACnet router UBR-01 Datasheet. (WWW-dokumentti.) MBS GmbH. <http://www.mbs-software.de/uploads/media/MBS_UBR-01_EN_Datasheet.pdf> Luettu 1.3.2010.
- 9 Technical data, Type: DS-CORA-B. Deos Control Systems, 2010
- 10 BACnet operating instructions, VLT HVAC Drive FC100. Danfoss.

- 11 BACnet International. (WWW-dokumentti.) BACnet International.
<<http://www.bacnetinternational.org>> Luettu 27.4.2010
- 12 SSPC Working Groups. (WWW-dokumentti.) ASHRAE SSPC 135.
<<http://www.bacnet.org/WG/index.html>> Luettu 27.4.2010
- 13 PICS. (WWW-dokumentti.) ASHRAE SSPC 135.
<<http://www.bacnet.org/DL-Docs/index.html>> Luettu 27.4.2010

Liite 1: Testauspöytäkirja

VÄYLÄPOHJAISEN TAAJUUSMUUTTAJAN TESTAUSASIOITA

- Väylä: Ethernet/MSTP
- Mitä tietoja saadaan väylän kautta. Tuovatko nämä tiedot riittävän lisäarvon, jotta kannattaa siirtyä väyläpohjaiseen toteutusmalliin.
- Miten toteutetaan interlock-piiri: ulkoinen häiriö: etulämmityspumppu, jäätymissuoja, IV-hätäpysäytys
- Tietoliikenne: voiko taajuusmuuttaja lähettää väylän kautta tietoa muutoksista, esim. BACnet COV-lähetys
- Miten raitisilmapellin ohjaus voidaan toteuttaa luotettavasti. Tutkitaan, onko taajuusmuuttajassa relelähtöä pellin ohjaukseen. Mistä pellin toimilaitteen syöttöjännite 24VAC?
- Miten säätö voidaan toteuttaa mahdollisimman luotettavasti: Väylän kautta, voidaanko käyttää taajuusmuuttajan omaa PID-säädintä painesäätöön (asetusarvo muutettavissa BACnetin kautta, mittausarvo luettavissa BACnetin kautta)
- Miten puhaltimen käyntitila saadaan valvontajärjestelmään lämpötilan säätöä varten. IQ3/BACnet-alakeskus voi hakea tietoa minimissään 15 sekunnin välein (pollaus).
- Jos kanavapainelähetin sekä raitisilmapellin toimilaitte kaapeloidaan taajuusmuuttajalle, löytyykö vaatimus, että kaapelityypin pitää olla JAMAK vai peräti JAMAK-C? Nykyään käytetään NOMAK 2x. Edellisillä kaapelityypeillä on hintaeroa (sähköurakoitsijan hankinnassa).

Huom. Tiedonsiirrossa voi vaihtoehtoina olla:

1. Haetaan tietoa asetetulla intervallilla (pollaus)
2. Lähetetään tietoa muutoksesta (tapahtumapohjainen + event driven, BACnet COV lähetystapa)
3. **Kahden edellisen välimuoto: Lähetetään tapahtumapohjaisesti tieto heti, lisäksi lähetetään tieto asetetulla intervallilla (varmistus)**

VÄYLÄPOHJAISEN HUONESÄÄTIMEN TESTAUSASIOITA

- Väylä: ~~Ethernet~~/MSTP (Ethernet ei ole toteuttavissa)
- Mitä tietoja saadaan väylän kautta. Voidaan hakea tietoja globaalisti, esim. jos halutaan huonemittausten keskiarvo väylältä. Voidaanko lähettää tieto globaalisti, että tila on käytössä?
- Syöttöjännite, virrankulutus, kuorman lineaarisuus (onko maininta datalehdessä, että on kompensointipiiri)
- Toimilaitteet: 3-pisteohjattu (miten asetetaan ajoaika), terminen toimilaitte, 0-10V ohjattu
 - 3-piste: Auki + kiinni –lähdöt ja asetetaan säätimeen toimilaitteen ajoaika laidasta laitaan, virrankulutus pieni
 - Termo: Aikasuhteellisesti ohjattu, miten asetetaan säätimeen jakson pituus. Virrankulutus suuri, varsinkin käynnistettäessä
- Pisterakenne, tulojen ja lähtöjen lkm sekä tyypit
- Konfiguroitavuus
- Fyysinen rakenne: erillinen säädin (ei väliä ulkonäyöllä) + ulkoinen huoneanturi tai huoneyksikkö sisältää anturin sekä säätimen => kytkemistila: tarvitaanko erillinen jakorasiasia (=käytännössä aina)
- Referenssinä Produal HLS34 modbus huonesäädin:
http://www.produal.fi/files/1008_HLS34_kyttöohje_fi.pdf

Liite 3: Trend IQ3/BAC PICS -dokumentti



Information Sheet

IQ3

BACnet Protocol Implementation Conformance Statement

BACNET PROTOCOL IMPLEMENTATION CONFORMANCE STATEMENT

Date: 30/01/2009

Vendor Name: Trend Control Systems Ltd.

Product Name: IQ3

Product Model Number: IQ3x01e/000/BAC..., IQ3xact/012/BAC, IQ3x01e/016/BAC..., IQ3x01e/096/BAC..., IQ3x01e/128/BAC..., IQ3x01e/... + IQ3x01e/BAC/UP, IQ3xact/... + IQ3xact/BAC/UP

Applications Software Version: N/A

Firmware Revision: 2.1

BACnet Protocol Revision: 4

Product Description:

The IQ3 is a configurable plant controller using BACnet over IP to interface with 3rd party BACnet systems.

BACnet Standardized Device Profile (Annex L):

- ☐ BACnet Operator Workstation (B-OVS)
- ☐ BACnet Building Controller (B-BC)
- ☐ BACnet Advanced Application Controller (B-AAC)
- ☒ BACnet Application Specific Controller (B-ASC)
- ☐ BACnet Smart Sensor (B-SS)
- ☐ BACnet Smart Actuator (B-SA)

List all BACnet Interoperability Building Blocks Supported (Annex K):

ID	BIBB	Title
1.1	DS-RP-A	Data Sharing-ReadProperty-A
1.2	DS-RP-B	Data Sharing-ReadProperty-B
1.4	DS-RPM-B	Data Sharing ReadPropertyMultiple-B
1.7	DS-WP-A	Data Sharing-WriteProperty-A
1.8	DS-WP-B	Data Sharing-WriteProperty-B
1.10	DS-WPM-B	Data Sharing-WritePropertyMultiple-B
1.12	DS-COV-B	Data Sharing-ChangeOfValue-B
2.2	AE-N-I-B	Alarm and Event-Notification Internal-B
2.11	AE-INFO-B	Alarm and Event-Information-B
4.2	T-VMT-I-B	Trending-Viewing and Modifying Trends Internal- B
4.5	T-ATR-B	Trending Automated Trend Retrieval-B
5.1	DM-DDB-A	Device Management-Dynamic Device Binding-A
5.2	DM-DDB-B	Device Management-Dynamic Device Binding-B
5.4	DM-DOB-B	Device Management-Dynamic Object Binding-B
5.6	DM-DCC-B	Device Management-DeviceCommunicationControl-B
5.12	DM-TS-B	Device Management-TimeSynchronisation-B
5.14	DM-UTC-B	Device Management-UTCTimeSynchronisation-B
Addendum L		
3.4	SCH-R-B	Scheduling Readable B

Segmentation Capability:

- ☒ Segmented requests supported Window Size 1
- ☒ Segmented responses supported Window Size 1

Standard Object Types Supported:

An object type is supported if it may be present in the device. For each standard Object Type supported provide the following data:

- 1) Whether objects of this type are dynamically creatable using the CreateObject service
- 2) Whether objects of this type are dynamically deletable using the DeleteObject service
- 3) List of the optional properties supported
- 4) List of all properties that are writable where not otherwise required by this standard
- 5) List of proprietary properties and for each its property identifier, datatype, and meaning
- 6) List of any property range restrictions

Analog Input Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_DEVICE_TYPE
 - BP_RELIABILITY
 - BP_EVENT_ENABLE
 - BP_HIGH_LIMIT
 - BP_LIMIT_ENABLE
 - BP_LOW_LIMIT
 - BP_NOTIFICATION_CLASS
 - BP_TIME_DELAY
 - BP_ACKED_TRANSITIONS
 - BP_NOTIFY_TYPE
 - BP_DEADBAND
 - BP_EVENT_TIMESTAMPS
 - BP_COV_INCREMENT
4. Writable Properties:
 - BP_EVENT_ENABLE
 - BP_HIGH_LIMIT
 - BP_LIMIT_ENABLE
 - BP_LOW_LIMIT
 - BP_NOTIFICATION_CLASS
 - BP_TIME_DELAY
 - BP_COV_INCREMENT
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions:

BP_PRESENT_VALUE	1.175494351e-38F to 3.402823466e+38F, resolution: to 7 digits
BP_UNITS	0 to 255 bytes
BP_HIGH_LIMIT	-1e20 to 1e20, resolution: 7 digits
BP_LOW_LIMIT	-1e20 to 1e20, resolution: 7 digits
BP_DEADBAND	-1e20 to 1e20, resolution: 7 digits
BP_TIME_DELAY	0 to 172800, resolution: 1

Analogue Output Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_DEVICE_TYPE
 - BP_RELIABILITY
 - BP_COV_INCREMENT
4. Writable Properties:
 - BP_PRESENT_VALUE
 - BP_COV_INCREMENT
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions:

BP_PRESENT_VALUE	1.175494351e-38F to 3.402823466e+38F, resolution: to 7 digits
BP_UNITS	0 to 255 bytes
BP_RELINQUISH_DEFAULT	-1e20 to 1e20, resolution: 7 digits

Analogue Value Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_RELIABILITY
 - BP_COV_INCREMENT
4. Writable Properties:
 - BP_PRESENT_VALUE
 - BP_UNITS
 - BP_COV_INCREMENT
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions:

BP_PRESENT_VALUE	1.175494351e-38F to 3.402823466e+38F, resolution: to 7 digits
BP_UNITS	0 to 255 bytes

Binary Input Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_DEVICE_TYPE
 - BP_ALARM_VALUE
 - BP_ELAPSED_ACTIVE_TIME
 - BP_EVENT_ENABLE
 - BP_NOTIFICATION_CLASS
 - BP_NOTIFY_TYPE
 - BP_RELIABILITY
 - BP_TIME_DELAY
 - BP_ACKED_TRANSITIONS
 - BP_EVENT_TIME_STAMPS
 - BP_TIME_OF_ACTIVE_TIME_RESET
4. Writable Properties:
 - BP_ALARM_VALUE
 - BP_ELAPSED_ACTIVE_TIME
 - BP_EVENT_ENABLE
 - BP_NOTIFICATION_CLASS
 - BP_TIME_DELAY
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions: None

BP_ELAPSED_ACTIVE_TIME	0 to 235926000, resolution: 1
BP_TIME_DELAY	0 to 172800, resolution: 1

Binary Output Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_DEVICE_TYPE
 - BP_CHANGE_OF_STATE_COUNT
 - BP_ELAPSED_ACTIVE_TIME
 - BP_RELIABILITY
 - BP_CHANGE_OF_STATE_TIME
 - BP_TIME_OF_STATE_COUNT_RESET
 - BP_TIME_OF_ACTIVE_TIME_RESET
 - BP_TIME_DELAY
 - BP_NOTIFICATION_CLASS
 - BP_FEEDBACK_VALUE
 - BP_EVENT_ENABLE
 - BP_ACKED_TRANSITIONS
 - BP_NOTIFY_TYPE
 - BP_EVENT_TIME_STAMPS
4. Writeable Properties:
 - BP_PRESENT_VALUE
 - BP_CHANGE_OF_STATE_COUNT
 - BP_ELAPSED_ACTIVE_TIME
 - BP_TIME_DELAY
 - BP_NOTIFICATION_CLASS
 - BP_EVENT_ENABLE
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions:

BP_CHANGE_OF_STATE_COUNT	0 to 1,000,000,000
BP_ELAPSED_ACTIVE_TIME	0 to 235926000, resolution: 1
BP_TIME_DELAY	0 to 172800, resolution: 1

Binary Value Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_RELIABILITY
4. Writeable Properties:
 - BP_PRESENT_VALUE
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions: None

Device Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_LOCATION
 - BP_MAX_SEGMENTS_ACCEPTED
 - BP_LOCAL_DATE
 - BP_LOCAL_TIME
 - BP_UTC_OFFSET
 - BP_DAYLIGHT_SAVINGS_STATUS
 - BP_APDU_SEGMENT_TIMEOUT
 - BP_ACTIVE_COV_SUBSCRIPTIONS
4. Writeable Properties:
 - BP_LOCAL_DATE
 - BP_LOCAL_TIME
 - BP_UTC_OFFSET
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions:

BP_UTC_OFFSET	-780 to +780, resolution: 1
---------------	-----------------------------

Notification Class Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported: None
4. Writeable Properties:
 - BP_RECIPIENT_LIST
 - BP_NOTIFICATION_THRESHOLD
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions: None

Schedule Object Type

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_WEEKLY_SCHEDULE
 - BP_EXCEPTION_SCHEDULE
4. Writeable Properties: None
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions: None

Trend Log Object

1. Creatable: No
2. Deletable: No
3. Optional Properties Supported:
 - BP_NOTIFICATION_THRESHOLD
 - BP_RECORDS_SINCE_NOTIFICATION
 - BP_LAST_NOTIFY_RECORD
 - BP_NOTIFICATION_CLASS
 - BP_EVENT_ENABLE
 - BP_ACKED_TRANSITIONS
 - BP_NOTIFY_TYPE
 - BP_EVENT_TIME_STAMPS
4. Writeable Properties:
 - BP_LOG_INTERVAL
 - BP_RECORD_COUNT
 - BP_LOG_ENABLE
5. Proprietary Properties: None
6. Property Range Restrictions:

BP_LOG_INTERVAL	0 to 235926000, resolution 1
BP_RECORD_COUNT	0 to 235926000, resolution 1

Data Link Layer Options:

- ☒ BACnet IP, (Annex J)
☐ BACnet IP, (Annex J), Foreign Device
☐ ISO 8802-3, Ethernet (Clause 7)
☐ ANSI/ATA 878.1, 2.5 Mb. ARCNET (Clause 8)
☐ ANSI/ATA 878.1, RS-485 ARCNET (Clause 8), baud rate(s):
☐ MS/TP master (Clause 9), baud rate(s):
☐ MS/TP slave (Clause 9), baud rate(s):
☐ Point-To-Point, EIA 232 (Clause 10), baud rate(s):
☐ Point-To-Point, modem, (Clause 10), baud rate(s):
☐ LonTalk, (Clause 11), medium:
☐ Other:

Device Address Binding:

Is static device binding supported? (This is currently necessary for two-way communication with MS/TP slaves and certain other devices.) ☐ Yes ☒ No

Networking Options:

- ☐ Router, Clause 6 - List all routing configurations, e.g., ARCNET-Ethernet, Ethernet-MS/TP, etc.
☐ Annex H, BACnet Tunneling Router over IP
☒ BACnet/IP Broadcast Management Device (BBMD)
 Does the BBMD support registrations by Foreign Devices? ☒ Yes ☐ No

Character Sets Supported:

Indicating support for multiple character sets does not imply that they can all be supported simultaneously.

- ☒ ANSI X3.4 ☐ IBM®/Microsoft® DBCS ☐ ISO 8859-1
☐ ISO 10646 (UCS-2) ☐ ISO 10646 (UCS-4) ☐ JIS C 6226

If this product is a communication gateway, describe the types of non-BACnet equipment/network(s) that the gateway supports:
N/A

Please send any comments about this or any other Trend technical publication to techpubs@trendcontrols.com

© 2009 Honeywell Technologies Sàrl, ECC Division. All rights reserved. Manufactured for and on behalf of the Environmental and Combustion Controls Division of Honeywell Technologies Sàrl, Z.A. La Pléide, 16, 1180 Rolle, Switzerland by its Authorized Representative, Trend Control Systems Limited.

Trend Control Systems Limited reserves the right to revise this publication from time to time and make changes to the content hereof without obligation to notify any person of such revisions or changes.

Trend Control Systems Limited

P.O. Box 34, Horsham, West Sussex, RH12 2YF, UK. Tel: +44 (0)1403 211888 Fax: +44 (0)1403 241808 www.trend-controls.com

Trend Control Systems USA

6870 185th Avenue NE, Redmond, Washington 98052, USA. Tel: (425)897-3900, Fax: (425)889-8445 www.trend-controls.com

Liite 4: Kaaviokuva testiympäristöstä